

D.J.
#2 2-3-02
Priority Papers

Attorney Docket No. 1460.1034

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:

Shinji KIKUCHI, et al.

Application No.:

Group Art Unit:

Filed: December 26, 2001

Examiner:

For: COMMUNICATION CAPABILITY MEASURING EQUIPMENT



SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN
APPLICATION IN ACCORDANCE
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. § 1.55

Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. § 1.55, the applicant(s) submit(s) herewith a certified copy of the following foreign application:

Japanese Patent Application No. 2001-185348

Filed: June 19, 2001

It is respectfully requested that the applicant(s) be given the benefit of the foreign filing date(s) as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the requirements of 35 U.S.C. § 119.

Respectfully submitted,

STAAS & HALSEY LLP

Date: December 26, 2001

By: *H. J. Staas*

H. J. Staas
Registration No. 22,010

700 11th Street, N.W., Ste. 500
Washington, D.C. 20001
(202) 434-1500

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 6月19日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-185348

出 願 人

Applicant(s):

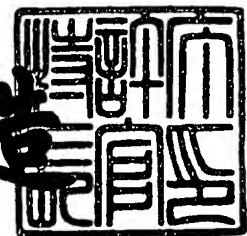
富士通株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2001年10月 3日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



【書類名】 特許願

【整理番号】 0150496

【提出日】 平成13年 6月19日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G06F 17/60

【発明の名称】 通信性能測定装置

【請求項の数】 8

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 菊池 慎司

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 安達 基光

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 國生 泰廣

【発明者】

【住所又は居所】 福岡県福岡市早良区百道浜2丁目2番1号 富士通西日本コミュニケーション・システムズ株式会社内

【氏名】 佐藤 義治

【発明者】

【住所又は居所】 福岡県福岡市早良区百道浜2丁目2番1号 富士通西日本コミュニケーション・システムズ株式会社内

【氏名】 中村 勝一

【特許出願人】

【識別番号】 000005223

【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

【識別番号】 100072718

【弁理士】

【氏名又は名称】 古谷 史旺

【電話番号】 3343-2901

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013354

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704947

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 通信性能測定装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくとも一つのクライアントと少なくとも一つのサーバとが、複数のルータを含んで構成されるネットワークを介して接続された通信システムの通信性能を測定する装置であって、前記少なくとも一つのクライアントと前記少なくとも一つのサーバとの間の経路上に存在する分岐点ノードと通信可能な通信性能測定装置において、

通信性能測定装置は、

T C P / I P に従って前記ネットワークを介した通信を実行する通信手段と、

少なくともサーバを特定するためのサーバ識別情報とクライアントあるいはクライアントが利用するアクセスポイントを特定するためのクライアント識別情報とを含み、測定対象となる通信環境を表すパラメータを受け取る入力手段と、

所定の手順に従って、所定のファイルを前記サーバから取得するための前記通信手段による通信動作を制御する通信制御手段と、

送信指示で指定された識別情報で特定される宛先との間で所定の制御パケットを送受信するパケット送受信手段、

各宛先に送出した前記所定の制御パケットおよびこの制御パケットに対して各宛先から返される所定の制御パケットの送受信状況に関する情報を収集する状況収集手段と、

前記通信手段によるデータパケットあるいは制御パケットの受信状況に応じて、前記パケット送受信手段に対して、前記クライアント識別情報および分岐点ノードを特定する識別情報をそれぞれ宛先として指定した送信指示を入力する第 1 送出指示手段と、

前記所定の制御パケットの送受信状況について収集された情報に基づいて、所定の遅延モデルに基づいて、サーバからクライアントにデータパケットを送信する際に発生する遅延時間を推定する遅延推定手段と、

推定された遅延時間に応じて、データパケットあるいは制御パケットを受信したことに対する応答パケットを前記通信手段が送出する時刻を制御する応答制御

手段と、

前記通信手段による通信の進行状況に関する情報を収集し、収集した情報に基づいて、前記クライアントと前記サーバとの間の通信経路についての通信性能を推定する性能推定手段と

を備えたことを特徴とする通信性能測定装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の通信性能測定装置において、

状況収集手段は、

パケット送受信手段によって各宛先へ所定の制御パケットが送信されたことを検出し、その時刻を送信時刻として宛先ごとに記録する送信検出手段と、

各宛先へ送信された所定の制御パケットに対する応答として宛先から返される制御パケットをパケット送受信手段が受信したことを検出し、その時刻を受信時刻として宛先ごとに記録する受信検出手段と、

各宛先に対応する送信時刻および受信時刻を遅延推定手段に通知する時刻通知手段とを備えた構成であり、

遅延推定手段は、

時刻通知手段から通知された送信時刻および受信時刻に基づいて、クライアントと通信性能測定装置との間で前記所定の制御パケットが往復するために要した第 1 往復時間と、分岐点ノードと通信性能測定装置との間で前記所定の制御パケットが往復するために要した第 2 往復時間を算出する往復時間算出手段と、

第 1 往復時間、第 2 往復時間および遅延モデルに基づいて、通信手段によって受信されたデータパケットあるいは制御パケットが、サーバから通信性能測定装置に伝達されるのに要する時間と、サーバからクライアントに伝達されるまでに要する時間との差を推定する差分推定手段とを備えた構成である

ことを特徴とする通信性能測定装置。

【請求項 3】 請求項 1 に記載の通信性能測定装置において、

入力手段は、

自装置からクライアントまでの経路上に存在する各ノードを特定する識別情報からなる第 1 経路情報と、自装置からサーバまでの経路上に存在する各ノードを特定する識別情報からなる第 2 経路情報を収集する経路情報収集手段と、

前記第 1 経路情報と前記第 2 経路情報とを比較することによって分岐点ノードの識別情報を検出し、この識別情報をパラメータの一部として入力する分岐検出手段とを備えた構成である

ことを特徴とする通信性能測定装置。

【請求項 4】 請求項 1 に記載の通信性能測定装置において、
入力手段は、

それぞれ異なるデータ長を有し、所定の形式を持つ 2 つの制御パケットをクライアントに送出する旨をパケット送受信手段に指示する第 2 送出指示手段と、

前記 2 つの制御パケットそれぞれについて、制御パケットを送信してからその制御パケットに対する応答パケットを受信するまでに要する往復時間を計測する往復時間計測手段と、

前記 2 つの制御パケットについてそれぞれ得られた往復時間に基づいて、分岐点ノードとクライアントとの間のデータ伝送を表す所定の遅延モデルにおいて、伝送されるパケットのサイズによって変動する要素にかかわる係数の値を推定し、この値をパラメータの一部として入力する要素推定手段とを備えた構成であることを特徴とする通信性能測定装置。

【請求項 5】 請求項 2 に記載の通信性能測定装置において、
遅延推定手段は、

サーバからクライアントにデータパケットがバースト的に送信される場合に、これらのデータパケットの蓄積によって発生する遅延時間の成分を所定のモデルに基づいて算出し、差分推定手段によって得られた差分値に対する補正值として出力する補正值算出手段と、

前記差分推定手段によって得られた推定値に、前記補正值を加えた値を推定値として出力する差分値出力手段とを備えた構成である

ことを特徴とする通信性能測定装置。

【請求項 6】 請求項 5 に記載の通信性能測定装置において、

遅延推定手段は、補正值算出手段によって算出された補正值と所定の閾値とを比較し、この比較結果に応じて、応答制御手段に応答パケットの送出を停止する旨を指示する停止判定手段を備えた構成である

ことを特徴とする通信性能測定装置。

【請求項 7】 請求項 1 に記載の通信性能測定装置において、
性能推定手段は、

通信手段によって実行される制御パケットおよびデータパケットの送受信動作を監視し、H T T P において規定された各手順の開始時刻および終了時刻を手順ごとに記録する第 1 記録手段と、

手順ごとに記録された開始時刻と終了時刻との差分を手順ごとの所要時間として算出するとともに、各手順の所要時間の総和を算出する時間算出手段とを備えた構成である

ことを特徴とする通信性能測定装置。

【請求項 8】 請求項 1 に記載の通信性能測定装置において、
性能推定手段は、

通信手段によって実行される制御パケットおよびデータパケットの送受信動作を監視し、F T P において規定された各手順の開始時刻および終了時刻を手順ごとに記録する第 2 記録手段と、

手順ごとに記録された開始時刻と終了時刻との差分を手順ごとの所要時間として算出するとともに、各手順の所要時間の総和を算出する時間算出手段とを備えた構成である

ことを特徴とする通信性能測定装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、T C P / I P プロトコルを用いて行なわれる通信について、ネットワークの性能を計測するための通信性能測定装置に関するものである。

近年のパーソナルコンピュータやインターネットに接続可能な携帯電話の普及に伴って、様々な事業者によって、インターネットを介した様々なサービスが一般の利用者に提供されるようになってきている。また一方、一般の利用者からは、単に多種多様なサービスの提供を受けるだけでなく、そのサービスをより快適に享受したいという要望が出てきている。

【0002】

このような利用者からの要望に応えるためには、利用者が快適にサービスを受けることを可能とする環境を整える必要がある。そして、環境を整えるために設備の拡充などが必要であるか否かを見極めるためには、まず、利用者がサービスを受ける現状の環境、すなわち、サービスを提供する媒体である現実のネットワークにおいて、TCP/IPプロトコルを用いてファイル転送などを行なう際に要する時間などの通信性能を正確に把握する必要がある。

【0003】

【従来の技術】

TCP/IPプロトコルを用いた通信について、ネットワークの性能を計測するために、従来は、次に挙げる2つの方法のいずれかを採用していた。

図21(a)に、従来の通信性能計測システムの第1の構成例を示し、また、図21(b)に、従来の通信性能計測システムの第2の構成例を示す。

図21において、クライアント401は、ルータ402_{c1}を介してアクセスポイント403に接続し、更に、ルータ402_{a1}～ルータ402_{ak}あるいは、ルータ402_{b1}～ルータ402_{bl}を介して、それぞれサーバ404 aおよびサーバ404 bとの間にコネクションを確立し、サーバ404 aあるいはサーバ404 bからサービスを受ける。

【0004】

したがって、図21(a)に示すように、アクセスポイント403に、クライアント401と同等の通信環境を備えた性能計測装置410を配置し、この性能計測装置410によって、サーバ404 aあるいはサーバ404 bとの間にコネクションを確立するまでの時間や、サーバ404 aあるいはサーバ404 bからファイルをダウンロードするために要した時間などを測定することにより、クライアント401の利用者が体感するサービス品質を正確に評価することができる。

【0005】

一方、図21(b)に示すように、サーバ404 aが直接に接続されているルータ402_{ak}に別の性能計測装置420を接続し、この性能計測装置420によって、サーバ404 aに流入するトラフィックとサーバ404 aから送出されるト

ラフィックとをそれぞれ記録し、この記録を分析することにより、サーバ側から見たネットワークの性能を評価することができる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上述した従来の技術を適用するためには、図21に示したように、クライアントあるいはサーバに物理的に近接した位置に性能測定装置を配置し、クライアントから見たネットワークの通信性能およびサーバから見たネットワークの通信性能をそれぞれ実測する必要がある。

一方、ネットワークの利用者、即ちクライアントは急速に増大しており、また、その通信環境は多種多様である。また、サービスを提供するサーバもまた急速に増大している。したがって、上述したような従来方式によって、個々のクライアントあるいは個々のサーバについて通信性能を実測する技術を適用したのでは、膨大な数のクライアントあるいはサーバについてそれぞれの性能を評価するために、莫大な時間と労力と費用が費やされてしまう。

【0007】

本発明は、性能測定装置の物理的な位置にかかわらず、ネットワークに接続された任意のクライアントと任意のサーバとの間における通信品質を測定可能な通信性能測定装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

図1に、本発明の通信性能測定装置の原理ブロック図を示す。

請求項1の発明は、クライアント101とサーバ102との間の経路上に存在する分岐点ノード103と通信可能な通信性能測定装置において、通信性能測定装置110は、TCP/IPに従って通信を実行する通信手段111と、少なくともサーバ識別情報とクライアント識別情報とをパラメータとして受け取る入力手段112と、所定の手順に従って、所定のファイルをサーバ102から取得するための通信手段111による通信動作を制御する通信制御手段113と、送信指示で指定された識別情報で特定される宛先との間で所定の制御パケットを送受信するパケット送受信手段114、各宛先に送出した所定の制御パケットおよび

この制御パケットに対して各宛先から返される所定の制御パケットの送受信状況に関する情報を収集する状況収集手段 1 1 5 と、通信手段 1 1 1 によるパケットの受信状況に応じて、パケット送受信手段 1 1 4 に、クライアント 1 0 1 および分岐点ノード 1 0 3 を宛先として指定する送信指示を入力する第 1 送出指示手段 1 1 6 と、所定の制御パケットの送受信状況について収集された情報に基づいて、所定の遅延モデルに基づいて、サーバ 1 0 2 からクライアント 1 0 1 にデータパケットを送信する際に発生する遅延時間を推定する遅延推定手段 1 1 7 と、推定された遅延時間に応じて、データパケットあるいは制御パケットを受信したことに対する応答パケットを通信手段 1 1 1 が送出する時刻を制御する応答制御手段 1 1 8 と、通信手段 1 1 1 による通信の進行状況に関する情報を収集し、収集した情報に基づいて、指定されたクライアント 1 0 1 と指定されたサーバ 1 0 2 との間の通信経路についての通信性能を推定する性能推定手段 1 1 9 とを備えたことを特徴とする。

【0 0 0 9】

請求項 1 の発明は、入力手段 1 1 2 によって入力されたパラメータに基づいて、通信制御手段 1 1 3 が通信手段 1 1 1 による通信動作を制御し、サーバ 1 0 2 から所定のファイルを取得する際に、第 1 送出指示手段 1 1 6 からの指示に応じてパケット送受信手段 1 1 4 により、クライアント 1 0 1 および分岐点ノード 1 0 3 との間で所定の制御パケットを送受信することにより、分岐点ノード 1 0 3 およびクライアント 1 0 1 と通信性能測定装置 1 1 0 との間それぞれについて、サーバ 1 0 2 から実際のパケットが伝送される時点における通信環境に関する情報を、状況収集手段 1 1 5 によって収集する。このようにして収集された情報と所定の遅延モデルとに基づいて、遅延推定手段 1 1 7 は、サーバ 1 0 2 とクライアント 1 0 1 との間でパケットが伝送される際に生じる遅延時間を推定し、この遅延時間に応じて、通信手段 1 1 1 が受信したパケットに対する応答パケットを送出するタイミングを制御することにより、サーバ 1 0 2 とクライアント 1 0 1 との間の通信を遅延時間に関してシミュレートすることができる。したがって、上述したようにして、サーバ 1 0 2 とクライアント 1 0 1 との間の通信をシミュレートしつつ、性能推定手段 1 1 9 により、通信性能に関する情報を収集するこ

とにより、クライアント 1 0 1 とサーバ 1 0 2 との間の経路についての通信性能を、通信性能測定装置 1 1 0 の物理的な位置にかかわらずに推定することが可能である。

【 0 0 1 0 】

なお、遅延推定手段 1 1 7 において用いる遅延モデルについては、後述する。

図 2 に、本発明の通信性能測定装置の原理ブロック図を示す。

請求項 2 の発明は、請求項 1 に記載の通信性能測定装置において、状況収集手段 1 1 5 は、パケット送受信手段 1 1 4 によって各宛先へ所定の制御パケットが送信された時刻を記録する送信検出手段 1 2 1 と、宛先から返される応答パケットをパケット送受信手段 1 1 4 が受信した時刻を記録する受信検出手段 1 2 2 と、各宛先に対応する送信時刻および受信時刻を遅延推定手段 1 1 7 に通知する時刻通知手段 1 2 3 とを備えた構成であり、遅延推定手段 1 1 7 は、時刻通知手段 1 2 3 から通知された送信時刻および受信時刻に基づいて、クライアント 1 0 1 と通信性能測定装置 1 1 0 との間でパケットが往復するために要した第 1 往復時間と、分岐点ノード 1 0 3 と通信性能測定装置 1 1 0 との間でパケットが往復するために要した第 2 往復時間を算出する往復時間算出手段 1 2 4 と、第 1 往復時間、第 2 往復時間および遅延モデルに基づいて、通信手段 1 1 1 によって受信されたパケットが、サーバ 1 0 2 から通信性能測定装置 1 1 0 に伝達されるのに要する時間と、サーバ 1 0 2 からクライアント 1 0 1 に伝達されるまでに要する時間との差を推定する差分推定手段 1 2 5 とを備えた構成であることを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

請求項 2 の発明は、状況収集手段 1 1 5 に備えた送信検出手段 1 2 1 と受信検出手段 1 2 2 とにより、パケット送受信手段 1 1 4 によって所定の制御パケットが送受信される時刻を記録し、時刻通知手段 1 2 3 によって遅延推定手段 1 1 7 に通知する。これらの時刻に基づいて、往復時間算出手段 1 2 4 により、第 1 往復時間および第 2 往復時間を算出し、これらの時間をそれぞれの経路についての遅延モデルに代入して未知数を消去すれば、差分推定手段 1 2 5 により、通信手段 1 1 1 によって受信されたパケットのサイズを考慮して、このパケットがクラ

クライアント 1 0 1 に到達するまでに要する時間と通信性能測定装置 1 1 0 に到達した時間との差分を推定することができる。そして、このように推定された差分に応じて、応答制御手段 1 1 8 が、通信手段 1 1 1 による応答パケットの送出動作を遅延させれば、通信性能測定装置 1 1 0 は、その位置にかかわらず、クライアント 1 0 1 から応答パケットが返されるべきタイミングでサーバ 1 0 2 に応答パケットを返すことができる。

【 0 0 1 2 】

図 3 に、本発明の通信性能測定装置に備えられる入力手段の第 1 の構成を示す。

請求項 3 の発明は、請求項 1 に記載の通信性能測定装置において、入力手段 1 1 2 は、自装置からクライアントまでの経路上に存在する各ノードを特定する識別情報からなる第 1 経路情報と、自装置からサーバまでの経路上に存在する各ノードを特定する識別情報からなる第 2 経路情報を収集する経路情報収集手段 1 3 1 と、第 1 経路情報と第 2 経路情報とを比較して分岐点ノードを示す識別情報を検出し、この識別情報をパラメータの一部として入力する分岐検出手段 1 3 2 とを備えた構成であることを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

請求項 3 の発明は、入力手段 1 1 2 に備えられた経路情報収集手段 1 3 1 により、第 1 経路情報と第 2 経路情報とを収集し、これらを分岐検出手段 1 3 2 によって比較することにより、分岐点ノード 1 0 3 の識別情報を自動的に検出することができる。これにより、通信性能測定装置 1 1 0 とサーバ 1 0 2 およびクライアント 1 0 1 とがネットワークにおいて占めている位置関係を自動的に把握して測定を行なうことが可能となるので、通信性能測定装置 1 1 0 を操作する操作者の負担を軽減し、ネットワークの通信性能を正確に測定することができる。

【 0 0 1 4 】

図 4 に、本発明の通信性能測定装置に備えられる入力手段の第 2 の構成を示す。

請求項 4 の発明は、請求項 1 に記載の通信性能測定装置において、入力手段 1 1 2 は、それぞれ異なるデータ長をする 2 つの制御パケットをクライアント 1 0

1 に送出する旨をパケット送受信手段 1 1 4 に指示する第 2 送出指示手段 1 3 3 と、2 つの制御パケットそれぞれについて、往復時間を計測する往復時間計測手段 1 3 4 と、2 つの制御パケットそれぞれの往復時間に基づいて、分岐点ノード 1 0 3 とクライアント 1 0 1 との間のデータ伝送を表す所定の遅延モデルにおいて、伝送されるパケットのサイズによって変動する要素にかかわる係数の値を推定し、パラメータの一部として入力する要素推定手段 1 3 5 とを備えた構成であることを特徴とする。

【0015】

請求項 4 の発明は、第 2 送出指示手段 1 3 3 による指示に応じて、パケット送受信手段 1 1 4 が異なるデータ長を有する 2 つの制御パケットをクライアント 1 0 1 との間で送受信する際に、往復時間計測手段 1 3 4 により、上述した 2 つの制御パケットの往復時間を計測する。このように、サイズの異なる制御パケットについてそれぞれの往復時間を計測し、要素推定手段 1 3 5 により、これらの往復時間を分岐点ノード 1 0 3 とクライアント 1 0 1 との間の遅延モデルに代入することにより、この遅延モデルにおいて、伝送されるパケットのサイズによって変動する要素にかかわる係数を推定することができる。

【0016】

図 5 に、本発明の通信性能測定装置に備えられる遅延推定手段の構成を示す。

請求項 5 の発明は、請求項 2 に記載の通信性能測定装置において、遅延推定手段 1 1 7 は、バースト的に送信されるデータパケットの蓄積によって発生する遅延時間の成分を所定のモデルに基づいて算出し、この成分に相当する補正值を出力する補正值算出手段 1 4 1 と、差分推定手段 1 2 5 によって得られた推定値に上述した補正值を加えた値を推定値として出力する差分値出力手段 1 4 2 とを備えた構成であることを特徴とする。

【0017】

請求項 5 の発明は、補正值算出手段 1 4 1 によって算出された補正值を用いて、差分値出力手段 1 4 2 により、差分推定手段 1 2 5 によって得られた差分値を補正するので、バースト的に送信されるデータパケット自身の蓄積によって発生する成分を含めて、遅延時間を正確に推定することができる。

請求項 6 の発明は、請求項 5 に記載の通信性能測定装置において、遅延推定手段 1 1 7 は、補正值算出手段 1 4 1 によって算出された補正值と所定の閾値とを比較し、この比較結果に応じて、応答制御手段 1 1 8 に応答パケットの送出を停止する旨を指示する停止判定手段 1 4 3 を備えた構成であることを特徴とする。

【 0 0 1 8 】

請求項 6 の発明は、停止判定手段 1 4 3 により、例えば、上述した補正值が所定の閾値を超えたときに、応答制御手段 1 1 8 に対して、応答パケットの送出を停止する旨を指示することにより、クライアント 1 0 1 に備えられた有限のキューからパケットがあふれた場合に発生するパケット廃棄を考慮して、クライアント 1 0 1 とサーバ 1 0 2 との間のデータ伝送をシミュレートすることができる。

【 0 0 1 9 】

図 6 に、本発明の通信性能測定装置に備えられる性能推定手段の構成を示す。

請求項 7 の発明は、請求項 1 に記載の通信性能測定装置において、性能推定手段 1 1 9 は、通信手段 1 1 1 によって実行される制御パケットおよびデータパケットの送受信動作を監視し、HTTP において規定された各手順の開始時刻および終了時刻を手順ごとに記録する第 1 記録手段 1 4 4 と、記録された開始時刻と終了時刻との差分を所要時間として手順ごとに算出する時間算出手段 1 4 5 とを備えた構成であることを特徴とする。

【 0 0 2 0 】

請求項 7 の発明は、第 1 記録手段 1 4 4 により、HTTP において規定された各手順の開始時刻および終了時刻を記録し、この記録された時刻に基づいて、時間算出手段 1 4 5 によって各手順の実行に要した所要時間を算出するので、例えば、コネクションを確立するために必要な一連の手順の実行に要する時間や、個々のファイルあるいは複数のファイルを一括して取得するために必要な一連の手順の実行に要する時間など、HTTP に従って行なわれる様々な手順の連鎖に応じて、個々の手順に対応する所要時間を積算していくことにより、利用者が通信性能を意識する様々な場面に対応して柔軟に通信性能を測定することができる。

【 0 0 2 1 】

請求項 8 の発明は、請求項 1 に記載の通信性能測定装置において、性能推定手

段 1 1 9 は、通信手段 1 1 1 によって実行される制御パケットおよびデータパケットの送受信動作を監視し、F T P において規定された各手順の開始時刻および終了時刻を手順ごとに記録する第 2 記録手段 1 4 6 と、手順ごとに記録された開始時刻と終了時刻との差分を手順ごとの所要時間として算出する時間算出手段 1 4 5 とを備えた構成であることを特徴とする。

【 0 0 2 2 】

請求項 8 の発明は、第 2 記録手段 1 4 6 により、F T P において規定された各手順の開始時刻および終了時刻を記録し、この記録された時刻に基づいて、時間算出手段 1 4 5 によって各手順の実行に要した所要時間を算出するので、例えば、コネクションを確立するために必要な一連の手順の実行に要する時間や、個々のファイルあるいは複数のファイルを一括して取得するために必要な一連の手順の実行に要する時間など、F T P に従って行なわれる様々な手順の連鎖に応じて、個々の手順に対応する所要時間を積算していくことにより、利用者が通信性能を意識する様々な場面に対応して柔軟に通信性能を測定することができる。

【 0 0 2 3 】

【発明の実施の形態】

まず、本発明の通信性能測定装置において利用する遅延モデルについて説明する。

一般に、 i 番目のルータ $R(i)$ から次のルータ $R(i+1)$ にサイズ S (bit) のパケットが伝送される際に生じる遅延時間 T_i (sec) は、注目しているルータ $R(i)$ のキューに他のトラフィックも流入していることによって発生するキューイング遅延 q_i (sec) と、次のルータ $R(i+1)$ までの伝送路における物理的な伝播遅延 d_i (sec) と、ルータ $R(i)$ がパケットを伝送路に出力する速度すなわちルータの伝送速度 b_i (bps) とを用いて、式 1 のように表すことができる。

【 0 0 2 4 】

$$T_i = q_i + S / b_i + d_i \quad \cdots (1)$$

また、 n 個のルータから形成される経路をサイズ S のパケットが伝送される際に生じる遅延時間 T は、各ルータに対応する遅延時間 T_i の総和であるので、当然ながら、遅延時間 T_i の各成分、すなわち、キューイング遅延 q_i 、伝播遅延

d_i およびルータ自身による伝送速度 b_i およびパケットのサイズ S に依存する処理遅延 S/b_i をそれぞれ加え合わせた総和に等しい。

【0025】

したがって、遅延時間 T は、キューイング遅延 q_i の総和 Q と、伝播遅延 d_i の総和 D と、伝送速度の逆数 $1/b_i$ の総和の逆数 B とを用いて、式 2 のように表すことができる。

$$T = Q + S/B + D \quad \dots (2)$$

つまり、経路上に存在する n 個のルータを、これらのルータの特性を反映した特性値を持つ一つのルータに置き換えることができる。これにより、複雑なネットワークを単純化した遅延モデルを形成することができる。

【0026】

図 7 に、ネットワークの遅延モデルを説明する図を示す。

図 7 において、符号 C 、符号 A 、符号 I 、符号 M および符号 W は、それぞれクライアント、アクセスポイント、分岐点ノード、通信性能測定装置およびサーバを示している。また、図 7 において、符号 $L(XY)$ は、ノード X からノード Y への経路に存在する少なくとも一つのルータに相当する仮想的なルータの遅延モデルを示しており、例えば、符号 $L(AI)$ は、アクセスポイントから分岐点ノードに向かう経路に対応する仮想的なルータの遅延モデルを示している。

【0027】

このようなネットワークの遅延モデルにおいて、サイズ S のパケットが遅延モデル $L(XY)$ で表されるルータを通過するのに要する時間 $T(S, L(XY))$ は、上述した遅延モデル $L(XY)$ におけるキュー遅延 $q(L(XY))$ 、伝送速度 $b(L(XY))$ および伝送遅延 $d(L(XY))$ を用いて、式 3 のように表すことができる。

$$T(S, L(XY)) = q(L(XY)) + S/b(L(XY)) + d(L(XY)) \quad \dots (3)$$

この遅延モデルを用いれば、ノード X からノード Y に至る経路上に存在する各ルータを通過するために要する時間を加え合わせるにより、ネットワークに接続された任意のノードから別の任意のノードにサイズ S のパケットを伝送するために要する時間を求めることができる。

【0028】

次に、本発明の通信性能測定装置の具体的な構成について説明する。

図 8 に、本発明の通信性能測定装置の実施形態を示す。

図 8 に示した通信性能測定装置において、通信実行部 2 1 0 は、計測制御部 2 2 0 からの指示に応じて図 7 に示したサーバ 1 0 2 との間にコネクションを確立し、このコネクションを介して、データパケットや制御パケットのやり取りを実行する。また、図 8 において、計測実行部 2 3 0 は、計測制御部 2 2 0 からの指示に応じて、図 7 に示した分岐点ノード 1 0 3 あるいはクライアント 1 0 1 との間で、I C M P (Internet Control Message Protocol) で規定された手順に従って所定のフレームをやり取りする動作、いわゆる p i n g (Packet Internet Gro per) 動作を実行することにより、通信性能測定装置と分岐点ノード 1 0 3 あるいはクライアント 1 0 1 との間の経路に関する情報を収集する。また、図 8 において、性能評価部 2 4 0 は、通信実行部 2 1 0 によって実行される通信を監視し、通信の実行に要した時間に基づいて、クライアント 1 0 1 とサーバ 1 0 2 との間の経路について、その通信性能を評価する。また、図 8 において、係数推定部 2 5 0 は、計測制御部 2 2 0 からの指示に応じて、計測実行部 2 3 0 の動作を制御し、この計測実行部 2 3 0 から得られたデータに基づいて、上述した指示によって指定された遅延モデルの係数を推定し、その推定値を計測制御部 2 2 0 に返す。また、図 8 に示した分岐検出部 2 6 0 は、計測制御部 2 2 0 からの指示に応じて、指定された接続相手との間の経路に関する情報を収集し、この情報に基づいて、分岐点ノード 1 0 3 を検出して、これを特定する識別情報を探查パケット送受信部 2 3 1 に渡す。

【 0 0 2 9 】

図 8 に示した計測制御部 2 2 0 において、入力受付部 2 2 1 は、図 7 に示したサーバ 1 0 2 を特定するための識別情報およびクライアント 1 0 1 あるいはアクセスポイントを特定するための識別情報を含んだパラメータの入力を受け付ける。例えば、入力受付部 2 2 1 は、サーバ識別情報として、サーバ 1 0 2 が提供しているコンテンツの URL を受け取って、このサーバ識別情報をコネクション管理部 2 2 3 に渡す。また、入力受付部 2 2 1 は、クライアント識別情報として、クライアント 1 0 1 あるいはアクセスポイントの I P アドレスを受け取り、この

クライアント識別情報を計測実行部 230 に渡す。

【0030】

更に、入力受付部 221 は、クライアント 101 の通信環境を示すパラメータとして、クライアント 101 とアクセスポイントとの間の経路に対応する遅延モデル $L(AC)$ における各係数の入力を受け付け、これらの値を遅延モデル適用部 224 の処理に供する。例えば、クライアント 101 がアナログモデムを介してアクセスポイントに接続する場合には、伝送速度 $b(L(AC))$, $b(L(CA))$ としてアナログモデムの伝送速度を入力し、伝送遅延 $d(L(AC))$, $d(L(CA))$ としてクライアント 101 とアクセスポイントとの距離に応じた値を入力し、キュー遅延 $q(L(AC))$, $q(L(CA))$ の推定値として数値「0」を入力すればよい。なお、クライアント 101 の通信環境が、ADSL などを用いた常時接続環境である場合には、後述する方法を用いて、キュー遅延 $q(L(AC))$, $q(L(CA))$ の値を推定することも可能である。

【0031】

また、入力受付部 221 は、クライアント 101 とサーバ 102 との間の経路の通信性能を評価するために出力すべき出力パラメータを指定する情報を受け取り、この情報を手順制御部 222 と性能評価部 240 とに渡す。

図 8 に示した手順制御部 222 は、受け取ったパラメータに基づいて、計測を実行する手順を組み立て、コネクション管理部 223 を介して通信実行部 210 の動作を制御するとともに、係数推定部 250 に必要な係数の推定処理を指示する。

【0032】

図 8 に示したコネクション管理部 223 は、入力受付部 221 から受け取った URL を解析しておき、手順制御部 222 からの指示に応じて、通信実行部 210 に備えられたコネクション制御部 211 に、上述した URL の解析結果で示されるサーバ 102 との間にコネクションを確立する旨を指示するとともに、このコネクションを介するパケットのやり取りを管理する。

【0033】

また、図 8 に示した探索制御部 225 は、通信実行部 210 に備えられたコネ

クション制御部 2 1 1 およびデータパケット受信部 2 1 2 から、制御パケットあるいはデータパケットを受信した旨の通知を受けて、計測実行部 2 3 0 に備えられた探査パケット送受信部 2 3 1 に p i n g 動作の実行を指示する。

一方、図 8 に示した遅延モデル適用部 2 2 4 は、計測実行部 2 3 0 に備えられた時間計測部 2 3 2 によって記録された各 p i n g 動作に関する時間と、上述した遅延モデルとに基づいて、各パケットが通信性能測定装置に到達した時刻とそれぞれのパケットがクライアント 1 0 1 に到達するであろう時刻との差分を推定する。

【 0 0 3 4 】

この遅延推定部 2 2 4 によって得られた推定値と、上述した通知を受け取った時刻とに基づいて、図 8 に示した応答制御部 2 2 6 は、通信性能測定装置が受信したパケットに対する応答パケットを返すべきタイミングを求め、適切なタイミングで応答パケット送信部 2 1 3 に応答パケットの送信を指示する。

また、図 8 に示した性能評価部 2 4 0 において、時刻収集部 2 4 1 は、通信実行部 2 1 0 に備えられた各部、即ち、コネクション制御部 2 1 1、データパケット受信部 2 1 2 および応答パケット送信部 2 1 3 の動作を監視し、各部が T C P / I P に従って実行している個々の手順の開始時刻および完了時刻を逐次に記録し、特性値算出部 2 4 2 の処理に供する。これらの時刻に関する情報と入力受付部 2 2 1 から受け取った情報に基づいて、特性値算出部 2 4 2 は、通信性能をあらわすパラメータとして出力することが指示された特性値を算出する。

【 0 0 3 5 】

ここで、図 8 に示した各部と、図 1 乃至図 6 に示した各手段との対応関係を説明する。

図 8 に示した通信実行部 2 1 0 は、図 1 に示した通信手段 1 1 1 に相当する。また、図 1 に示した通信制御手段 1 1 3 の機能は、コネクション管理部 2 2 3 が手順制御部 2 2 2 からの指示に応じて動作することによって果たされる。また、図 8 に示した入力受付部 2 2 1 は、図 1 に示した入力手段 1 1 2 に相当する。一方、図 1 に示したパケット送受信手段 1 1 4 は、図 8 に示した探査パケット送受信部 2 3 1 に相当し、図 1 に示した状況収集手段 1 1 5 は、図 8 に示した時間計

測部 2 3 2 に相当する。また、図 8 に示した遅延モデル適用部 2 2 4 は、図 1 に示した遅延推定手段 1 1 7 に相当し、図 8 に示した応答制御部 2 2 6 は、図 1 に示した応答制御手段 1 1 8 に相当する。また、図 8 に示した分岐検出部 2 6 0 は、図 3 に示した入力手段 1 1 2 に備えられた経路情報収集手段 1 3 1 および分岐検出手段 1 3 2 に相当する。一方、図 4 に示した入力手段 1 1 2 において、第 2 送出指示手段 1 3 3 は、図 8 に示した手順制御部 2 2 2 が係数推定部 2 5 0 の処理を起動することによって果たされ、また、この係数推定部 2 5 0 により、図 4 に示した往復時間計測手段 1 3 4 および要素推定手段 1 3 5 の機能が果たされる。また、図 5 に示した遅延推定手段 1 1 7 に備えられる各手段の機能は、図 8 に示した遅延モデル適用部 2 2 4 によって果たされる。図 6 に示した性能推定手段 1 1 9 に備えられる第 1 記録手段 1 4 4 および第 2 記録手段 1 4 6 の機能は、図 8 に示した入力受付部 2 2 1 からの指示に応じて、時刻収集部 2 4 1 が通信実行部 2 1 0 の各部によって通信手順が実行される時刻を収集することによって果たされ、また、図 6 に示した時間算出手段 1 4 5 の機能は、図 8 に示した特性値算出部 2 4 2 によって果たされる。

【0 0 3 6】

次に、この通信性能測定装置の動作を説明する。

図 9 に、通信性能測定装置の動作の概略を示す流れ図を示す。

まず、入力受付部 2 2 1 は、コンテンツの URL およびクライアント 1 0 1 に関する情報を含んだ測定環境パラメータと、出力すべき特性値を指定する出力パラメータとの入力を受け付けて、これらのパラメータの解析を行なう(ステップ 3 0 1)。

【0 0 3 7】

手順制御部 2 2 2 は、入力受付部 2 2 1 を介して入力されていない測定環境パラメータが有るか否かを判定し(ステップ 3 0 2)、不足パラメータが有る場合(ステップ 3 0 2 の肯定判定)には、ステップ 3 0 3 に進んで必要な測定環境パラメータを推定する。

このとき、手順制御部 2 2 2 は、不足パラメータの種類に応じて、係数推定部 2 5 0 と分岐検出部 2 6 0 とに対して、それぞれ必要な指示を入力する。

【 0 0 3 8 】

例えば、分岐点ノード 1 0 3 の I P アドレスが測定環境パラメータとして入力されなかった場合には、分岐点ノード 1 0 3 の識別情報そのものとともに、分岐点ノードと通信性能測定装置との間の伝送速度 $b(L(IM))$, $b(L(MI))$ および分岐点ノードとアクセスポイントとの間の伝送速度 $b(L(IA))$, $b(L(AI))$ もまた不足パラメータである。この場合に、手順制御部 2 2 2 は、入力受付部 2 2 1 を介して入力されたパラメータを解析することによって、不足となっている測定環境パラメータを判別し、まず、分岐検出部 2 6 0 に分岐点ノード 1 0 3 の I P アドレスを検出する旨を指示し、次いで、係数推定部 2 5 0 に、上述した伝送速度 $b(L(IM))$, $b(L(MI))$, $b(L(IA))$, $b(L(AI))$ の推定を指示する。

【 0 0 3 9 】

ここで、係数推定部 2 5 0 および分岐検出部 2 6 0 の詳細構成および動作を説明する。

図 1 0 に、係数推定部および分岐検出部の詳細構成を示す。

図 1 0 に示した係数推定部 2 5 0 において、送出指示部 2 5 1 は、手順制御部 2 2 2 から伝送速度を推定すべき経路 (X、Y) を特定する情報を受け取り、この情報に基づいて、探査パケット送受信部 2 3 1 に、データ長 S 1 を有する探査パケット P 1 とこの探査パケット P 1 とは異なるデータ長 S 2 を有する探査パケット P 2 とを用いた p i n g 動作を指示する。また、図 1 0 において、時刻データ収集部 2 5 2 は、探査パケット 2 3 1 によって上述した探査パケット P 1, P 2 が送受信される時刻をパケットごとに収集し、往復時間算出部 2 5 3 に渡す。この往復時間算出部 2 5 3 は、受け取った時刻データに基づいて、各探査パケットが上述した経路を往復するために要した時間を算出し、得られた往復時間 R T T 1, R T T 2 を係数算出部 2 5 4 に渡す。係数算出部 2 5 4 は、この経路における遅延を表す遅延モデル $L(XY)$, $L(YX)$ に従って往復時間 R T T 1, R T T 2 を表す式を伝送速度について解くことにより、伝送速度を表す係数 $b(L(XY))$, $b(L(YX))$ を求め、遅延モデル適用部 2 2 4 にこれらの係数の推定値を渡す。

【 0 0 4 0 】

例えば、通信性能測定装置と分岐点ノード 1 0 3 との間の伝送速度を推定する

場合に、手順制御部 222 は、この経路を特定する情報として、分岐点ノード 103 の IP アドレスを係数推定部 250 の送出指示部 251 に渡す。

これに応じて、この送出指示部 251 は、探査パケット送受信部 231 に、上述した探査パケット P1 および探査パケット p2 を分岐点ノード 103 に対応する IP アドレスを宛先として送出する旨を指示する。

【0041】

このときに、時刻データ収集部 252 によって収集された時刻データに基づいて、往復時間算出部 253 により、探査パケット P1 の往復時間 RTT1 と探査パケット P2 の往復時間 RTT2 とが算出される。

ここで、往復時間 RTT1, RTT2 は、通信性能測定装置 M と分岐点ノード I との間の経路についての遅延モデル $L(MI)$ 、 $L(IM)$ を用いて、式 4、式 5 のように表すことができる。

【0042】

【数 1】

$$RTT1 = q(L(MI)) + S1/b(L(MI)) + d(L(MI)) \quad \dots (4)$$

$$+ q(L(IM)) + S1/b(L(IM)) + d(L(IM))$$

$$RTT2 = q(L(MI)) + S2/b(L(MI)) + d(L(MI)) \quad \dots (5)$$

$$+ q(L(IM)) + S2/b(L(IM)) + d(L(IM))$$

これらの式において、上りの伝送速度 $b(L(MI))$ と下りの伝送速度 $b(L(IM))$ とが等しいと仮定すると、この伝送速度 $b(L(MI))$ は、探査パケットのデータ長 $S1$ 、 $S2$ と往復時間 $RTT1$ 、 $RTT2$ とを用いて、式 6 のように表すことができる。

【0043】

【数 2】

$$b(L(MI)) = b(L(IM)) = \frac{2(S2 - S1)}{RTT2 - RTT1} \quad \dots (6)$$

ところで、上述した式 4、式 5 から式 6 を導く過程においては、式 4 に含まれるキュー遅延 $q(L(MI))$ 、 $q(L(IM))$ と、式 5 に含まれるキュー遅延 $q(L(MI))$ 、

$q(L(IM))$ とを同一の値として消去している。しかしながら、探査パケット P 1 と探査パケット P 2 とはそれぞれ別の時点において送受信されているので、これらのキュー遅延 $q(L(MI))$, $q(L(IM))$ の値は必ずしも互いに同一であるとはいえない。

【 0 0 4 4 】

したがって、統計的に確からしい値を求めるために、送出指示部 2 5 1 により、上述した探査パケットの送出を複数回にわたって繰り返して探査パケット送受信部 2 3 1 に指示し、係数算出部 2 5 4 によって、その都度、往復時間算出部 2 5 3 によって算出された往復時間 $RTT1$, $RTT2$ および探査パケットのデータ長 $S1$, $S2$ を上述した式 6 に代入して係数値を算出し、これらの係数値の平均値もしくは中間値を求める。そして、係数算出部 2 5 4 は、このようにして得られた平均値もしくは中間値を伝送速度 $b(L(XY))$, $b(L(YX))$ として遅延モデル適用部 2 2 4 に渡せばよい。

【 0 0 4 5 】

なお、アクセスポイント A に対応する IP アドレスを探査パケットの宛先として、同様の手順を実行することにより、分岐点ノード I とアクセスポイント A との間の伝送速度 $b(L(IA))$, $b(L(AI))$ を推定することができる。

一方、図 1 0 に示した分岐検出部 2 6 0 において、コマンド発行部 2 6 1 は、手順制御部 2 2 2 からサーバ W の IP アドレスとアクセスポイント A の IP アドレスとを受け取り、サーバ W およびアクセスポイント A に対して、tracert コマンドをそれぞれ発行する。なお、この tracert コマンドは、UNIX や WINDOWS などのオペレーティングシステムによって、接続相手までの経路に存在するルータの IP アドレスを調べるための標準機能として用意されているコマンドである。また、図 1 0 において、応答収集部 2 6 2 は、上述した tracert コマンドに対する応答としてそれぞれの経路上に存在するルータから返された IP アドレスを、通信性能測定装置からのホップ数が少ない順に並べて、通信性能測定装置 M とアクセスポイント A との間の経路上に存在するルータを示す IP アドレスの集合 $A(A1, A2, \dots, An)$ および通信性能測定装置 M とサーバ W との間の経路上に存在するルータを示す IP アドレスの集合 $B(B1, B2, \dots, Bm)$ を

作成し、アドレス照合部263に渡す。このアドレス照合部263は、上述した集合Aに含まれる要素と集合Bに含まれる同一のホップ数に対応する要素とを照合していき、初めて互いの要素が不一致となったホップ数の一つ手前のホップ数に対応する要素を、分岐点ノードIのIPアドレスとして検出し、手順制御部222にこのIPアドレスを返す。

【0046】

このようにして、不足しているパラメータを推定した後に、手順制御部222は、コネクション管理部223に、サーバWとの間のコネクションを介して通信に関する計測動作を開始する旨を指示し、これに応じて、コネクション管理部223は、まず、入力受付部221から受け取った通信環境パラメータで指定されたDNS(Domain Name System)から、サーバWのIPアドレスを取得するまでに要する時間、即ち、DNSアクセス時間を計測する。また、もちろん、図9に示したステップ301において、全てのパラメータが入力されていた場合は、ステップ302の否定判定となり、上述したパラメータの推定処理(ステップ303)をスキップしてステップ304に進めばよい。

【0047】

このステップ304において、コネクション管理部223は、まず、入力受付部221から受け取った通信環境パラメータで指定されたDNS(Domain Name System)に対して、同じく通信環境パラメータで指定されたURLで示されるコンテンツを保持しているサーバWのIPアドレスを問い合わせる。このとき、性能評価部240に備えられた時刻収集部241は、DNSに対する問い合わせを送信した時刻と、この問い合わせに対する応答としてIPアドレスを受信した時刻とを収集し、特性値算出部242は、これらの時刻の差からDNSアクセス時間 T_i を算出し、特性値の一つとして出力する。なお、DNSアクセスに要する時間を出力パラメータとして指定しない場合は、予め、サーバWのIPアドレスを指定するとともに、コネクション管理部223において、この処理をスキップしてもよい。

【0048】

次に、手順制御部222は、通信環境パラメータで指定されたURLに基づい

て、以降の計測動作において採用すべき手順がHTTPであるかFTPであるかを判定し(ステップ305)、この判定結果に応じて、コネクション管理部223にそれぞれ必要な指示を入力する。

ステップ305においてHTTP手順を採用するとされた場合に、コネクション管理部223は、コネクション制御部211を介してサーバWとの間のコネクションを確立するための処理をHTTP手順に従って実行し、コネクションの確立に要する時間(以下、コネクション確立時間と称する)を評価する(ステップ306)。

【0049】

ここで、コネクション確立時間を評価する動作について説明する。

コネクション管理部223からサーバWとの間にコネクションを確立する旨が指示されたときに、コネクション制御部211は、所定の手順(以下、3wayハンドシェイクと称する)に従って制御パケットを交換することにより、コネクションを確立する。

【0050】

図11に、3wayハンドシェイクによるコネクション確立手順を説明する図を示す。また、図12に、コネクション確立に関する性能を評価する動作を表す流れ図を示す。

TCPに従ってコネクションを確立する際には、図11に示すように、クライアントCからサーバWに接続要求パケット(以下、SYNパケットと称する)を送信し、サーバWからの接続応答兼接続要求パケット(以下、SYN+ACKパケットと称する)を受信した後に、クライアントCが応答パケット(以下、ACKパケットと称する)を送信する。そして、このACKパケットを伝送経路に送出した時点において、クライアントCにおけるコネクション接続処理が完了し、また、ACKパケットがサーバWに到達した時点で接続手順が完了する。したがって、クライアント側から見た場合に、クライアントCがサーバWとの間にコネクションを接続するために要する時間(以下、コネクション確立時間と称する) T_c は、SYNパケットをクライアントCからサーバWに伝送するために要する時間(図11において符号 T_{cs} を付して示す)と、SYN+ACKパケットをサーバ

WからクライアントCに伝送するために要する時間(図11において符号Tcaを付して示す)と、クライアントCがACKパケットを伝送経路にそれぞれのパケットを送出するために要する時間(図11において符号Tccを付して示す)との和である。ゆえに、コネクション確立時間Tcは、SYNパケットのデータ長 S^{SYN} 、SYN+ACKパケットのデータ長 $S^{SYN+ACK}$ 、ACKパケットのデータ長 S^{ACK} および図7に示したネットワークの遅延モデルを用いて、式7のように表すことができる。

【0051】

【数3】

$$Tc = D(s^{SYN}, L(CA)) + D(s^{SYN}, L(AI)) + D(s^{SYN}, L(IW)) \\ + D(s^{SYN+ACK}, L(WI)) + D(s^{SYN+ACK}, L(IA)) + D(s^{SYN+ACK}, L(AC)) \\ + s^{ack} / b(L(CA)) \quad \dots (7)$$

次に、図8に示した探査パケット送受信部231によるping機能を利用して、式11に示したコネクション確立時間Tcを求める方法について説明する。

まず、図8に示したコネクション管理部223からの指示に応じて、コネクション制御部211は、サーバWを宛先としてSYNパケットを送信し、このとき、時刻収集部241は現在時刻T0を記録する(図12に示したステップ321、322)。

【0052】

サーバWからのSYN+ACKパケットを受信したときに、ステップ323の肯定判定としてステップ324に進み、図8に示した時刻収集部241は、現在時刻T1を記録する。また、探査制御部225は、制御パケットを受信した旨の通知をコネクション制御部211から受け取り、これに応じて、探査パケット送受信部231に対してping動作の実行を指示する。この指示に応じて、探査パケット送受信部231は、分岐点ノードIとアクセスポイントAとを宛先として、それぞれデータ長 S^{ping} の探査パケットを送出する(図12に示したステップ325)。

【0053】

このとき、図 8 に示した時間計測部 2 3 2 は、探査パケット送受信部 2 3 1 によって分岐点ノード I およびアクセスポイント A に探査パケットが送出された時刻と、これらの探査パケットに対する応答パケットが探査パケット送受信部 2 3 1 に到達した時刻とを記録し、それぞれの差を分岐点ノード I およびアクセスポイント A と通信性能測定装置 M との間で探査パケットが往復するのに要する往復時間 RTT_a 、 RTT_b として遅延モデル適用部 2 2 4 に渡す(図 1 2 のステップ 3 2 6)。

【0054】

このとき、遅延モデル適用部 2 2 4 は、手順制御部 2 2 2 からの指示に応じて、上述した往復時間 RTT_a 、 RTT_b とステップ 3 2 1、3 2 4 において記録された時刻 T_0 、 T_1 と図 7 に示したネットワークの遅延モデルとに基づいて、クライアント C におけるコネクション確立時間 T_c を推定する処理を実行する(ステップ 3 2 7)。

【0055】

ここで、往復時間 RTT_a 、 RTT_b および通信性能測定装置 M から SYN パケットを送出してからサーバ W から SYN+ACK パケットを受信するまでの時間 ($T_1 - T_0$) は、遅延モデルを適用することにより、それぞれ式 8 ~ 式 10 のように表すことができる。

【数 4】

$$RTT_a = D(s^{ping}, L(MI)) + D(s^{ping}, L(IM)) \quad \dots (8)$$

$$RTT_b = RTT_a + D(s^{ping}, L(IA)) + D(s^{ping}, L(AI)) \quad \dots (9)$$

$$\begin{aligned} T_1 - T_0 = & D(s^{SYN}, L(MI)) + D(s^{SYN}, L(IW)) \\ & + D(s^{SYN+ACK}, L(WI)) + D(s^{SYN+ACK}, L(IM)) \quad \dots (10) \end{aligned}$$

また、これらの式 8 ~ 式 10 を用いて、上述した式 7 を書き換えることにより、式 11 に示すように、コネクション確立時間 T_c を、計測値である往復時間 RTT_a 、 RTT_b および時間 ($T_1 - T_0$) と、既知となっている遅延モデルの各係数および各制御パケットのサイズによって表すことができる。

【 0 0 5 6 】

【 数 5 】

$$\begin{aligned}
T_c = & RTTb - 2RTTa + T1 - T0 + d(L(CA)) + d(L(AC)) + q(L(CA)) + q(L(AC)) \\
& + \frac{s^{syn}}{b(L(CA))} + \frac{s^{syn+ack}}{b(L(AC))} + (s^{syn} - s^{ping}) \left(\frac{1}{b(L(AI))} - \frac{1}{b(L(MI))} \right) \\
& + (s^{syn+ack} - s^{ping}) \left(\frac{1}{b(L(IA))} - \frac{1}{b(L(IM))} \right) + \frac{s^{ack}}{b(L(CA))} \quad \dots (11)
\end{aligned}$$

したがって、遅延モデル適用部 2 2 4 は、時間計測部 2 3 2 から受け取った往復時間 $RTTa$ 、 $RTTb$ および時間 $(T1 - T0)$ とともに遅延モデルの各係数を、この式 1 1 に代入してコネクション確立時間 Tc を求め、図 8 に示した応答制御部 2 2 6 に渡せばよい。

【 0 0 5 7 】

これに応じて応答制御部 2 2 6 は、現在の時刻と上述した時刻 $T1$ にコネクション確立時間 Tc を加算した時刻とを比較し、これらが一致したときに、ステップ 3 2 8 の肯定判定とし、図 8 に示した応答パケット送信部 2 1 3 に ACK パケットの送信を指示する。この指示に応じて、この応答パケット送信部 2 1 3 により、ACK パケットが送信され(ステップ 3 2 9)、通信性能測定装置 M とサーバ W との間にコネクションが確立される。

【 0 0 5 8 】

このようにしてサーバ W との間にコネクションが確立された後に、コネクション管理部 2 2 3 は、通信環境パラメータとして指定された URL に基づいて、目的とするファイルあるいはコンテンツの取得をコネクション制御部 2 1 1 に指示し、このファイルあるいはコンテンツのダウンロードに要する時間、即ち、ダウンロード時間 Td の評価を行なう(図 9 に示したステップ 3 0 7 参照)。

【 0 0 5 9 】

ここで、ダウンロード時間 Td の評価動作について説明する。

図 1 3 に、HTTP 手順によるデータ通信を説明するシーケンス図を示す。

HTTP 手順においては、上述したコネクション確立手順によってコネクションが確立した後に、クライアント C がサーバ W に HTTP GET リクエストを

送信することにより、目的のファイルあるいはコンテンツを要求する。この要求に応じて、サーバWは、指定されたファイルあるいはコンテンツを複数のデータパケット(図13において、符号DATAを付して示した)に分割して送信し、クライアントCは、これらのデータパケットを受信するごとに、ACKパケットをサーバWに返す。そして、全てのデータパケットの送信が完了したときに、サーバWは、ダウンロードの完了を示すFINパケットを送信し、これに応じて、クライアントCとサーバWとの間のコネクションを解放する手順が開始される。

【0060】

ところで、クライアントCとサーバWとの間における各データパケットについての送受信シーケンスは、図14(a)に示すように、データパケットがサーバWから送信され、分岐点ノードIおよびアクセスポイントAを経由してクライアントCに到達するまでと、クライアントCから送信されるACKパケットがアクセスポイントAおよび分岐点ノードIを経由してサーバWに到達するまでとからなっている。一方、通信性能測定装置MとサーバWとの間における各データパケットの送受信シーケンスは、図7から分かるように、データパケットがサーバWから分岐点ノードIを経由して通信性能測定装置Mに到達するまでと、この通信性能測定装置Mから分岐点ノードIを経由してACKパケットがサーバWに到達するまでとからなっている。

【0061】

したがって、クライアントCとサーバWとの間において、j番目のデータパケットを送受信する送受信シーケンスに要する時間 $RTT^{WC}(j)$ と、通信性能測定装置MとサーバWとの間で同じデータパケットを送受信する送受信シーケンスに要する時間との差分 X_j を推定し、図14(b)に示すように、サーバWからj番目のデータパケットを受信した後、この差分 X_j だけ待機した後に、ACKパケットをサーバWに送信すれば、通信性能測定装置Mの配置にかかわらず、クライアントCとサーバWとの間の送受信シーケンスを擬似的に再現することができる。

【0062】

図15に、ダウンロード時間を測定する動作を表す流れ図を示す。

図 8 に示したコネクション管理部 2 2 3 からの指示に応じて、コネクション制御部 2 1 1 は、サーバ W に対して HTTP GET リクエストを送信し、コンテンツのダウンロードを要求する(ステップ 3 3 1)。このとき、図 8 に示した性能評価部 2 4 0 の時刻収集部 2 4 1 は、現在時刻 T_0 を記録する(ステップ 3 3 2)。

【 0 0 6 3 】

その後、ステップ 3 3 3 においてパケットを受信するごとに、そのパケットがデータパケットであるかデータ転送の終了を示す FIN パケットであるかを判定し(ステップ 3 3 4)、データパケットである場合は(ステップ 3 3 4 の肯定判定)、図 8 に示したデータパケット受信部 2 1 2 からの通知に応じて、応答制御部 2 2 6 は、現在時刻をデータパケットの受信順 j に対応して、受信時刻 $T(j)$ として記録する(ステップ 3 3 5)。

【 0 0 6 4 】

また、この通知に応じて、図 8 に示した探査制御部 2 2 5 は、分岐点ノード I およびアクセスポイント A に対して探査パケットを送出する旨の指示を出力し、これに応じて、探査パケット送受信部 2 3 1 が、指定されたノードを宛先として探査パケットを送出することにより、通信性能測定装置 M と分岐点ノード I およびアクセスポイント A との間について、それぞれ経路状態の計測を行なう(ステップ 3 3 6)。このとき、図 8 に示した時間計測部 2 3 2 は、分岐点ノード I を宛先として探査パケットを送出してからこの探査パケットに対する応答パケットが返されるまでの往復時間 $RTT^{MI}(j)$ と、アクセスポイント A を宛先として探査パケットを送出してからこの探査パケットに対する応答パケットが返されるまでの往復時間 $RTT^{MA}(j)$ とを計測し、これらの往復時間を遅延モデル適用部 2 2 4 に渡す。これらの往復時間 $RTT^{MI}(j)$ 、 $RTT^{MA}(j)$ と探査パケットのデータ長 S^{ping} および j 番目のデータパケットのデータ長 $S^{data}(j)$ に基づいて、遅延モデル適用部 2 2 4 は、図 1 4 に示した遅延時間の差分(以下、待機時間と称する) X_j を推定し(ステップ 3 3 7)、応答制御部 2 2 6 に渡す。

【 0 0 6 5 】

ここで、待機時間 X_j を推定する方法について説明する。

上述したように、待機時間 X_j は、クライアント C とサーバ W との間で j 番目のデータパケットを受け渡しするために要するデータ受信時間 $RTT^{WC}(j)$ と、通信性能測定装置 M とサーバ W との間で同じデータパケットを受け渡しするために要するデータ受信時間 $RTT^{WM}(j)$ とを用いて、式 12 のように表すことができる。

【0066】

$$X_j = RTT^{WC}(j) - RTT^{WM}(j) \quad \dots (12)$$

一方、図 7 に示したネットワークの遅延モデルを適用すれば、 j 番目のデータパケットのデータ長 $S^{data}(j)$ 、ACK パケットのデータ長 S^{ack} および探査パケットのデータ長 S^{ping} を用いて、上述したステップ 335 において実測された往復時間 $RTT^{MI}(j)$ 、 $RTT^{MA}(j)$ を式 13、14 のように表すことができ、また、データ受信時間 $RTT^{WM}(j)$ を式 15 のように表すことができる。

【0067】

【数 6】

$$RTT_j^{MI} = D(s^{ping}, L(MI)) + D(s^{ping}, L(IM)) \quad \dots (13)$$

$$\begin{aligned} RTT_j^{MA} &= D(s^{ping}, L(MI)) + D(s^{ping}, L(IA)) + D(s^{ping}, L(AI)) + D(s^{ping}, L(IM)) \\ &= RTT_j^{MI} + D(s^{ping}, L(IA)) + D(s^{ping}, L(AI)) \quad \dots (14) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} RTT_j^{WM} &= D(s_j^{data}, L(WI)) + D(s_j^{data}, L(IM)) \\ &\quad + D(s^{ack}, L(MI)) + D(s^{ack}, L(IW)) \quad \dots (15) \end{aligned}$$

ところで、実際に、サーバ W とクライアント C との間でデータパケットの送受信を行なう場合には、図 13 において符号①で示したように、サーバ W からデータパケットがバースト的に送信される場合がある。このような場合には、式 3 に示した遅延モデルに、サーバ W からクライアント C に伝送されるデータパケット自身によるキューイング遅延を表す成分 $q^{bottle}(j)$ を追加する必要がある。このため、データ受信時間 $RTT^{WC}(j)$ は、式 16 のように表される。

【0068】

【数7】

$$\begin{aligned}
 RTT_j^{wc} = & D(s_j^{data}, L(WI)) + D(s_j^{data}, L(LA)) + D(s_j^{data}, L(AC)) \\
 & + D(s_j^{ack}, L(CA)) + D(s_j^{ack}, L(AI)) + D(s_j^{ack}, L(IW)) \\
 & + q_j^{bottle} \dots (16)
 \end{aligned}$$

上述した式13から式16を用いて、式12を書き換えることにより、待機時間 X_j を、式17に示すように、往復時間 $RTT_j^{MI}(j)$ 、 $RTT_j^{MA}(j)$ の実測値と、各パケットのデータ長 $s_j^{data}(j)$ 、 s_j^{ack} 、 s_j^{ping} と、各経路についてのルータモデルの係数および上述したキューイング遅延成分 $q_j^{bottle}(j)$ を用いて表すことができる。

【0069】

【数8】

$$\begin{aligned}
 X_j = & RTT_j^{MA} - 2RTT_j^{MI} \\
 & + (s_j^{data} - s_j^{ping}) \left(\frac{1}{b(L(LA))} - \frac{1}{b(L(IM))} \right) + \frac{s_j^{data}}{b(L(AC))} \\
 & + (s_j^{ack} - s_j^{ping}) \left(\frac{1}{b(L(AI))} - \frac{1}{b(L(MI))} \right) + \frac{s_j^{ack}}{b(L(CA))} \\
 & + d(L(AC)) + d(L(CA)) + q(L(AC)) + q(L(CA)) \\
 & + q_j^{bottle} \dots (17)
 \end{aligned}$$

さて、このキューイング遅延成分 $q_j^{bottle}(j)$ は、サーバWとクライアントCとの間でデータパケットとACKパケットをやり取りする経路の少なくとも一部において、その経路が次の経路にパケットを出力する速度を超える速度でパケットが入力されているときに発生する。したがって、図16に示すように、パケットが蓄積されるリンクに、 $j-1$ 番目のパケットが入力される時点、即ち、時刻 $t(j-1)$ においてキューイング遅延 $q_j^{bottle}(j-1)$ が存在する場合に、この $j-1$ 番目のパケットの到着によって、このリンクのキューイング遅延は、このパケットのサイズ S をリンクの伝送速度 B によって除算した分だけ増大する。したがって、その後、時刻 $t(j)$ に j 番目のパケットがこのリンクに到着した時点

におけるキューイング遅延成分 $q^{\text{bottle}}(j)$ は、時刻 $t(j-1)$ 、 $t(j)$ 、パケットのサイズ S およびリンクの伝送速度 B を用いて、式 18 のように表すことができる。

【0070】

$$q^{\text{bottle}}(j) = \max [0, \{ q^{\text{bottle}}(j-1) + S/B - (t(j) - t(j-1)) \}] \quad \dots (18)$$

この式 18 に示したモデルを分岐点ノード I からクライアント C への経路について適用すると、分岐点ノード I とクライアント C との間における自トラフィックによるキューイング遅延 $q^{\text{bottle}}(j)$ を、各パケットのサイズと、各経路についてのルータモデルの係数とを用いて、式 19 のように表すことができる。

【0071】

【数 9】

$$q_j^{\text{bottle}} = \max(0, \max(\frac{S_{j-1}^{\text{data}}}{b(L(IA))}, \frac{S_{j-1}^{\text{data}}}{b(L(AC))}, \frac{S^{\text{ack}}}{b(L(CA))}, \frac{S^{\text{ack}}}{b(L(AI))}) + q_{j-1}^{\text{bottle}} - (t(j) - t(j-1))) \quad \dots (19)$$

遅延モデル適用部 224 は、キューイング遅延 $q^{\text{bottle}}(j)$ の値をこの式 19 に基づいて算出し、この値を上述した式 18 に代入することにより、 j 番目のデータパケットがサーバ W から送信された時点におけるサーバ W - アクセスポイント A 間の経路状態を反映した待機時間 X_j を求め、応答制御部 226 に入力することができる。

【0072】

図 8 に示した応答制御部 226 は、現在時刻を監視し、図 15 に示したステップ 335 において記録した受信時刻 $T(j)$ から上述した待機時間 X_j が経過したときに、ステップ 338 の肯定判定として応答パケット送信部 213 に ACK パケットの送信を指示する。そして、この指示に応じて、応答パケット送信部 213 は、サーバ W を宛先として ACK パケットを送出し(ステップ 339)、その後、ステップ 333 に戻って、次のパケットを受信する。

【0073】

一方、ステップ 333 において受け取ったパケットが FIN パケットであった

場合（ステップ 3 3 4 の否定判定）に、性能評価部 2 4 0 の時刻収集部 2 4 1 は、例えば、上述した F I N パケットを受信した時刻 T_1 を記録して、この時刻 T_1 をステップ 3 3 2 において記録しておいた時刻 t_0 とともに特性値算出部 2 4 2 に渡す。そして、特性値算出部 2 4 2 において、この時刻 T_1 から時刻 t_0 を差し引いた時間、即ち、ダウンロード時間 T_d を算出し（ステップ 3 4 0）、ダウンロード時間の評価処理を終了する。

【 0 0 7 4 】

このようにして、図 9 に示したステップ 3 0 7 の処理が完了した後に、ステップ 3 0 8 に進んで、サーバ W とクライアント C との間のコネクションを解放するために要する時間、即ち、コネクション解放時間を評価する。

次に、コネクション解放時間を評価する動作について説明する。

図 1 7 に、コネクション解放時間を説明する図を示す。

【 0 0 7 5 】

サーバ W とクライアント C との間にコネクションが確立されていた場合に、このコネクションは、図 1 7 に示すように、サーバ W とクライアント C との間で、F I N パケットおよび A C K パケットをやり取りした後に解放される。クライアント C に着目した場合に、サーバ W とのコネクションが解放される時点は、サーバ W によって送出された A C K パケットがクライアント C に到達した時点となるので、クライアント C におけるコネクション解放時間 T_r は、サーバ W からの F I N パケットが到達してから、この A C K パケットがサーバ W から返されるまでの時間となる。したがって、コネクション解放時間 T_r は、F I N パケットのデータ長 S^{FIN} 、A C K パケットのデータ長 S^{ack} およびサーバ W とクライアント C との間の経路に存在する各ルータモデルの係数とを用いて、式 2 0 のように表すことができる。

【 0 0 7 6 】

【数 1 0】

$$Tr = \frac{s^{ack}}{b(L(CA))} + D(s^{fin}, L(CA)) + D(s^{fin}, L(AI)) + D(s^{fin}, L(IW)) \\ + D(s^{ack}, L(WI)) + D(s^{ack}, L(IA)) + D(s^{ack}, L(AC)) \quad \dots (20)$$

図 1 8 に、コネクション解放時間を評価する動作を表す流れ図を示す。

サーバWからのFINパケットが通信性能測定装置Mに到達したときに、図 8 に示した性能評価部 2 4 0 の時刻収集部 2 4 1 は、FIN到着時刻T0を記録する(ステップ341)。次いで、通信実行部 2 1 0 により、TCPに従ってACKパケットおよびFINパケットをサーバWに送信する(ステップ342)。

【0077】

その後、サーバWからACKパケットを受信したときに、ステップ343の肯定判定としてステップ344に進み、現在時刻T1からFIN到着時刻T0を差し引いた値を、サーバWと通信性能測定装置Mとの間でコネクションを解放するために必要なコネクション解放時間 Tr^{MW} の計測値として遅延モデル適用部 2 2 4 に渡す。

【0078】

このとき、図 8 に示した探査制御部 2 2 5 からの指示に応じて、探査パケット送受信部 2 3 1 は、分岐点ノードIおよびアクセスポイントAに探査パケットをそれぞれ送出し(ステップ345)、時間計測部 2 3 2 により、これらの探査パケットについて、それぞれの往復時間RTTa, RTTbを計測する(ステップ346)。

【0079】

遅延モデル適用部 2 2 4 は、このステップ346において計測された往復時間RTTa, RTTbおよびコネクション解放時間 Tr^{MW} の計測値とに基づいて、サーバWとクライアントCとの間についてのコネクション解放時間Trを推定する(ステップ347)。

ここで、サーバWと通信性能測定装置との間のコネクション解放時間 Tr^{MW} は、FINパケットのデータ長 S^{FIN} 、ACKパケットのデータ長 S^{ack} およびサー

サーバWと通信性能測定装置Mとの間の経路に存在する各ルータモデルの係数とを用いて、式21のように表すことができ、また、往復時間RTTa, RTTbは、それぞれ式8、式9のように表すことができる。

【0080】

【数11】

$$Tr^{MW} = \frac{s^{ack}}{b(L(MI))} + D(s^{fin}, L(MI)) + D(s^{fin}, L(IW)) \\ + D(s^{ack}, L(WI)) + D(s^{ack}, L(IM)) \quad \dots (21)$$

これらの式を用いて、上述した式20を書き換えると、サーバWとクライアントCとの間のコネクション解放時間Trを、式22のように、コネクション解放時間Tr^{MW}の計測値と、往復時間RTTa, RTTbと、各パケットのデータ長およびサーバWとクライアントCとの間に存在するルータモデルの各係数とを用いて表すことができる。

【0081】

【数12】

$$Tr = Tr^{MW} + s^{ack} \left(\frac{1}{b(L(CA))} - \frac{1}{b(L(MI))} \right) + RTTb - 2RTTa \\ + (s^{fin} - s^{ping}) \left(\frac{1}{b(L(AI))} - \frac{1}{b(L(MI))} \right) + (s^{ack} - s^{ping}) \left(\frac{1}{b(L(LA))} - \frac{1}{b(L(IM))} \right) \\ + D(s^{fin}, L(CA)) + D(s^{ack}, L(AC)) \quad \dots (22)$$

遅延モデル適用部224は、この式22を用いて推定したコネクション解放時間Trを図8に示した応答制御部226に渡せばよい。

この応答制御部226は、FIN到着時刻T0からこのコネクション解放時間Trだけ経過した後に、図18に示したステップ348の肯定判定として、応答パケット送信部213にACKパケットの送出を指示し、これに応じて、ステップ349において、応答パケット送信部213により、ACKパケットをサーバWに返すことにより、サーバWと通信性能測定装置Mとの間のコネクションを解放する手順が完了する。

【 0 0 8 2 】

上述したようにして、図9に示したステップ304、ステップ306、ステップ307およびステップ308において、DNSアクセス時間 T_i 、コネクション確立時間 T_c 、ダウンロード時間 T_d およびコネクション解放時間 T_r を評価した後、図8に示した特性値算出部242は、例えば、これらの値を加え合わせるにより、通信環境パラメータで指定されたURLで示されるコンテンツを、クライアントCがサーバWから取得するために要する取得時間 T^{http} の推定値を算出して出力する(ステップ313)。また、特性値算出部242において、この取得時間 T^{http} の推定値によって、上述したコンテンツのサイズ S_c を除算し、その値をスループットの推定値 T_p^{http} として出力してもよい。

【 0 0 8 3 】

このように、サーバWから制御パケットやデータパケットを受信するごとに、探査パケットを分岐点ノードIおよびアクセスポイントAに送出し、通信性能測定装置Mと分岐点ノードIとの間の経路および通信性能測定装置MとアクセスポイントAとの間の経路の状況に関する情報を収集して、この情報に基づいて、各パケットおよびその応答パケットをサーバWと通信性能測定装置Mとの間でやり取りする時間と、サーバWとクライアントCとの間でやり取りする時間との差を推定して、その分だけ応答パケットを遅延させることにより、サーバWとクライアントCとの間でパケットをやり取りする場合と同等の遅延を持って、サーバWと通信性能測定装置Mとの間でパケットをやり取りすることができる。つまり、通信性能測定装置Mの配置にかかわらず、サーバWとクライアントCとの間のHTTPによるデータ通信を、サーバWとクライアントCとの間の経路における遅延について擬似的に再現し、指定されたURLで示されるコンテンツをサーバWから取得するために要する時間やその際のスループットなどを正確に評価することができる。

【 0 0 8 4 】

同様にして、クライアントCとサーバWとの間で行なわれるFTPによるデータ通信を擬似的に再現し、クライアントCとサーバWとの間の経路について、通信性能を評価することもできる。

通信環境パラメータによって、FTPによって少なくとも一つのファイルを取得する旨を指示された場合に、手順制御部222は、コネクション管理部223にFTPに従って指定されたファイルを取得する旨を指示し、これに応じて、ステップ309からステップ312において、FTPに則ったデータ通信において、それぞれの手順を実行するとともに、そのために要する時間をそれぞれ評価する。

【0085】

図19に、FTPによるデータ通信を説明するシーケンス図を示す。

まず、ステップ309において、図19に符号(1)で示したシーケンスによって、クライアントCがサーバWとの間に制御コネクションを確立する手順を実行し、このシーケンスに要する時間、即ち、制御コネクション確立時間 T_{f1} を評価する。図19から明らかなように、この制御コネクションを確立するシーケンスは、HTTPにおいて、コネクションを確立するシーケンスと同等であるので、上述したステップ306において、コネクション確立時間 T_c を求める処理と同様にして、制御コネクション確立時間 T_{f1} を評価すればよい。

【0086】

次に、ステップ310において、図19において符号(2)～(4)で示したシーケンスによって、クライアントCがportコマンドを送出してから、データコネクションの接続が完了するまでの手順を実行するとともに、このシーケンスに要する時間、即ち、データコネクション確立時間 T_{f2} を評価する。

このデータコネクション確立時間 T_{f2} は、図19に符号(2)～(4)で示したシーケンスの各段階を実行するために要する時間要素 T_{f2a} 、 T_{f2b} 、 T_{f2c} の和であり、これらの時間要素 T_{f2a} 、 T_{f2b} 、 T_{f2c} は、上述したシーケンスで送受信される各パケットのデータ長 S^{port} 、 S^{reter} 、 S^{succ} を用いて、それぞれ式23、24、25のように表すことができる。

【0087】

【数 1 3】

$$Tf2a = D(s^{port}, L(CA)) + D(s^{port}, L(AI)) + D(s^{port}, L(IW)) \\ + D(s^{succ}, L(WI)) + D(s^{succ}, L(LA)) + D(s^{succ}, L(AC)) \dots (23)$$

$$Tf2b = D(s^{RETR}, L(CA)) + D(s^{RETR}, L(AI)) + D(s^{RETR}, L(IW)) \\ + D(s^{SYN}, L(WI)) + D(s^{SYN}, L(LA)) + D(s^{SYN}, L(AC)) \dots (24)$$

$$Tf2c = D(s^{SYN+ACK}, L(CA)) + D(s^{SYN+ACK}, L(AI)) + D(s^{SYN+ACK}, L(IW)) \\ + D(s^{ACK}, L(WI)) + D(s^{ACK}, L(LA)) + D(s^{ACK}, L(AC)) \dots (25)$$

図 19 に符号(2)で示した段階に対応する時間要素 $Tf2a$ を求めるために、図 8 に示したコネクション制御部 211 は、データコネクションのためのポート番号を通知するために `port` コマンドをサーバ W に送信し、このとき、時刻収集部 241 は、`port` 送信時刻 $T0$ を記録する。その後、サーバ W からの応答として、`port successful` パケットが返されたときに、現在時刻 $T1$ から `port` 送信時刻 $T0$ を差し引いた値を、サーバ W と通信性能測定装置 M との間で上述した段階を実行するために必要な時間要素 $Tf2a^{MW}$ の計測値として遅延モデル適用部 224 に渡す。

【0088】

このとき、図 8 に示した探査制御部 225 からの指示に応じて、探査パケット送受信部 231 は、分岐点ノード I およびアクセスポイント A に探査パケットをそれぞれ送出し、時間計測部 232 により、これらの探査パケットについて、それぞれの往復時間 $RTTa$ 、 $RTTb$ を計測する。

遅延モデル適用部 224 は、計測された往復時間 $RTTa$ 、 $RTTb$ および上述した時間要素 $Tf2a^{MW}$ の計測値とに基づいて、サーバ W とクライアント C との間についての対応する時間要素 $Tf2a$ を推定する。

【0089】

ここで、サーバ W と通信性能測定装置 M との間の時間要素 $Tf2a^{MW}$ は、上述した段階において送受信される各パケットのデータ長 S^{port} 、 S^{succ} およびサー

バWと通信性能測定装置Mとの間の経路に存在する各ルータモデルの係数とを用いて、式26のように表すことができ、また、往復時間RTTa, RTTbは、それぞれ式8、式9のように表すことができる。

【0090】

【数14】

$$Tf2a^{MW} = D(s^{port}, L(MI)) + D(s^{port}, L(IW)) \\ + D(s^{succ}, L(WI)) + D(s^{succ}, L(IM)) \quad \dots (26)$$

これらの式を用いて、上述した式23を書き換えると、サーバWとクライアントCとの間で上述した段階(2)を実行するために要する時間要素Tf2aを、式27のように、時間要素Tf2a^{MW}の計測値と、往復時間RTTa, RTTbと、各パケットのデータ長およびサーバWとクライアントCとの間に存在するルータモデルの各係数とを用いて表すことができる。

【0091】

【数15】

$$Tf2a = RTTb - 2RTTa + Tf2a^{MW} + d(L(CA)) + d(L(AC)) + q(L(CA)) + q(L(AC)) \\ + \frac{s^{port}}{b(L(CA))} + \frac{s^{succ}}{b(L(AC))} + (s^{port} - s^{ping}) \left(\frac{1}{b(L(AI))} - \frac{1}{b(L(MI))} \right) \\ + (s^{succ} - s^{ping}) \left(\frac{1}{b(L(IA))} - \frac{1}{b(L(IM))} \right) \quad \dots (27)$$

遅延モデル適用部224は、この式27を用いて時間要素Tf2aを推定し、その値を性能評価部240に渡すとともに、図8に示したコネクション管理部223に渡せばよい。

これに応じて、コネクション管理部223は、上述したport送信時刻T0から時間要素Tf2aが経過した後に、図19において符号(3)で示した段階に対応する時間要素Tf2bの評価を開始するために、コネクション制御部211に対してRETRコマンドの送出を指示する。

【0092】

この指示に応じて、コネクション制御部211は、RETRコマンドを送信し

てサーバWに対してコンテンツを要求する。また、このとき、コネクション管理部223は、現在時刻をRETR送信時刻T0として記録する。その後、上述した時間要素Tf2aの評価処理と同様に、サーバWからSYNパケットを受信したときに、その時点の現在時刻T1からRETR送信時刻T0を差し引いた値を時間要素Tf2b^{MW}の計測値として遅延モデル適用部224に渡すとともに、探査制御部225および探査パケット送受信部231により、探査パケットによる経路状況の探査を実行して往復時間RTTa、RTTbを計測する。

【0093】

また、上述した時間要素Tf2aの評価処理において述べた手法と同様にして、時間要素Tf2bを、図19において符号(3)で示した段階において送受信されるパケットのデータ長S^{RETR}、S^{SYN}を用いて表す式28を導くことができる。

【数16】

$$\begin{aligned}
 Tf2b = & RTTb - 2RTTa + Tf2b^{MW} + d(L(CA)) + d(L(AC)) + q(L(CA)) + q(L(AC)) \\
 & + \frac{s^{RETR}}{b(L(CA))} + \frac{s^{SYN}}{b(L(AC))} + (s^{RETR} - s^{ping}) \left(\frac{1}{b(L(AI))} - \frac{1}{b(L(MI))} \right) \\
 & + (s^{SYN} - s^{ping}) \left(\frac{1}{b(L(IA))} - \frac{1}{b(L(IM))} \right) \dots (28)
 \end{aligned}$$

したがって、遅延モデル適用部224は、この式28にそれぞれ適切な値を代入して、時間要素Tf2bを推定し、その値を性能評価部240に渡すとともに、図8に示したコネクション管理部223に渡せばよい。

【0094】

これに応じて、コネクション管理部223は、上述したRETR送信時刻T0から時間要素Tf2bが経過した後に、図19において符号(4)で示した段階に対応する時間要素Tf2cの評価を開始する。

この場合に、コネクション管理部223は、コネクション制御部211に対して、上述したSYNパケットに対する応答としてSYN+ACKパケットを送出する旨を指示する。

【0095】

この指示に応じて、コネクション制御部 211 は、SYN+ACK パケットをサーバ W に送信する。また、このとき、コネクション管理部 223 は、現在時刻を S+A 送信時刻 T0 として記録する。その後、上述した時間要素 Tf2a の評価処理と同様に、サーバ W から ACK パケットを受信したときに、その時点の現在時刻 T1 から S+A 送信時刻 T0 を差し引いた値を時間要素 Tf2c^{MW} の計測値として遅延モデル適用部 224 に渡すとともに、探査制御部 225 および探査パケット送受信部 231 により、探査パケットによる経路状況の探査を実行して往復時間 RTTa、RTTb を計測する。

【0096】

また、上述した時間要素 Tf2a の評価処理において述べた手法と同様にして、時間要素 Tf2c を、図 19 において符号(4)で示した段階において送受信されるパケットのデータ長 $S^{SYN+ACK}$ 、 S^{ACK} と探査パケットのデータ長 S^{ping} とを用いて表す式 29 を導くことができる。

【数 17】

$$\begin{aligned}
 Tf2c = & RTTb - 2RTTa + Tf2c^{MW} + d(L(CA)) + d(L(AC)) + q(L(CA)) + q(L(AC)) \\
 & + \frac{S^{SYN+ACK}}{b(L(CA))} + \frac{S^{ACK}}{b(L(AC))} + (S^{SYN+ACK} - S^{ping}) \left(\frac{1}{b(L(AI))} - \frac{1}{b(L(MI))} \right) \\
 & + (S^{ACK} - S^{ping}) \left(\frac{1}{b(L(IA))} - \frac{1}{b(L(IM))} \right) \dots (29)
 \end{aligned}$$

したがって、遅延モデル適用部 224 は、この式 29 にそれぞれ適切な値を代入して時間要素 Tf2c を推定し、その値を性能評価部 240 に渡す。

【0097】

性能評価部 240 は、これらの時間要素 Tf2a、Tf2b および Tf2c の和を算出し、この値をデータコネクション確立時間 Tf2 とする。

次に、ステップ 311 において、図 19 に符号(5)および符号(6)、(7)で示したシーケンスによって、サーバ W が ACK パケットを返してから、データコネクションによるデータ伝送を実行し、このデータ伝送が完了してデータコネクションが解放されるまでの手順を実行するとともに、このシーケンスに要する時間、すなわち、データ伝送時間 Tf3 を評価する。

【0098】

ところで、図19において符号(5)で示したACKパケットをサーバWから受信した後に、データコネクションにおいてデータパケットと応答とをやり取りする手順およびこのデータコネクションを解放する手順は、図13に示したHTTP通信によるデータ通信に含まれるデータ伝送手順およびコネクション解放手順と同一である。

【0099】

したがって、計測制御部220は、上述したACKパケットを受信したときに、現在時刻を受信開始時刻 T_0 として記録した後に、図15に示したHTTPによるファイルのダウンロード時間を評価する処理および図18に示したコネクション解放時間を評価する処理と同様にして通信実行部210および探索実行部230の動作を制御することにより、ダウンロード時間 T_d およびコネクション解放時間 T_r を計測すればよい。ここで、図15に示したステップ340の説明から明らかなように、ダウンロード時間 T_d は、上述した受信開始時刻 T_0 からデータ伝送の完了を示すFINパケットを受信した時刻 T_1 までの経過時間、即ち、時刻 T_1 と受信開始時刻 T_0 との差分($T_1 - T_0$)として得られる。したがって、性能評価部240は、上述した差分($T_1 - T_0$)を、時刻収集部241が通信実行部210の動作を監視することによって得るとともに、遅延モデル適用部224からコネクション解放時間 T_r の推定値を受け取り、これらを加算することにより、データ伝送時間 T_{f3} を求めればよい。

【0100】

次に、図9に示したステップ312において、図19に符号(8)~(12)で示したシーケンス、すなわち、クライアントCがデータコネクションが解放されたことを通知するACKパケットをサーバWに返してから、転送完了メッセージ(図19において、符号completeとして示す)やログオフのためのquitコマンド、goodbyeメッセージなどのやり取りを経て、最終的に制御コネクションが解放されるまでの手順を実行するとともに、このシーケンスに要する時間、即ち、制御コネクション解放時間 T_{f4} を評価する。

【0101】

ところで、インターネットブラウザを介してFTPによってクライアントCとサーバWとの間でデータ転送を行なった場合には、図19に符号(7)で示した段階においてデータコネクションが解放された時点で、データそのものの転送は終了している。したがって、クライアントCの利用者から見た場合に、FTPによるデータ転送処理は、データコネクションの解放と同時に終了したように見え、図19に符号(8)~(12)で示したシーケンスにおいてやり取りされるパケットについては、その送受信に要する遅延時間が利用者に意識されることはない。

【0102】

故に、制御コネクション解放時間 T_{f4} は、利用者に意識されない時間として、その値を数値「0」としてしまってよい。もちろん、上述した手法を用いれば、遅延モデルを用いて制御コネクション解放時間 T_{f4} を表すことができるので、必要に応じて、その値を評価することは可能である。

上述したようにして、制御コネクション確立時間 T_{f1} 、データコネクション確立時間 T_{f2} 、データ伝送時間 T_{f3} および制御コネクション解放時間 T_{f4} を評価した後に、図8に示した特性値算出部242は、図9に示したステップ313において、これらの値の和を求めて、その値をFTPによってファイルを取得するために要する取得時間 T^{ftp} の推定値として出力する。また、ファイルのサイズ S_f をこの取得時間 T^{ftp} の推定値で除算し、FTPによるデータ転送のスループット T_p^{ftp} として出力してもよい。

【0103】

なお、HTTPによるデータ通信においてもFTPによるデータ通信においても、通信環境パラメータにより複数のファイルを指定することにより、上述した各手順を実行する時間を評価する処理において、指定された複数のファイルを並行して取得する処理が実行され、そのような条件において、個々のファイルを取得するために要する取得時間や指定された全てのファイルを取得するために要した時間を評価することができる。また、もちろん、URLで指定されるコンテンツに含まれる単一のファイルをそれぞれ通信環境パラメータによって指定することにより、Webページを構成するテキストや画像などの部品ごとに、それぞれの取得に要する時間を評価することも可能である。

【0104】

更に、クライアントCに備えられたキューのサイズが有限であることを考慮して、クライアントCに到達したデータパケットが廃棄される場合をも想定して、サーバWとクライアントCとの間のデータ転送をシミュレートすることも可能である。

図20に、ダウンロード時間を評価する動作を表す別の流れ図を示す。

【0105】

図20に示した流れ図は、図15に示した流れ図のステップ337の後に、遅延時間の差分 X_j を推定する過程で算出したキューイング遅延 $q^{bottle}(j)$ (式18参照)と所定の閾値 Q_{max} との比較結果に基づいて、 j 番目のデータパケットを廃棄するか否かを判定する処理(ステップ351)を含んでいる。

ここで、データパケットの廃棄は、 j 番目のデータパケットがクライアントCのキューに到達した際に、キューイング遅延 $q^{bottle}(j)$ が、クライアントCのキューサイズ N_b とクライアントCのMTU(Maximum Transmission Unit)およびアクセスポイントAからクライアントCへの経路についてのルータモデルの伝送速度 $b(L(AC))$ を用いて式30を用いて表される閾値 Q_{max} を超えた場合において発生する。

【0106】

$$Q_{max} = N_b * MTU / b(L(AC)) \quad \dots (30)$$

したがって、遅延モデル適用部224は、ステップ337の処理において得られたキューイング遅延 $q^{bottle}(j)$ と上述した閾値 Q_{max} とを比較し、キューイング遅延 $q^{bottle}(j)$ が閾値 Q_{max} を超えた場合には、ステップ351の肯定判定として、応答制御部226にACKパケットを送出しない旨を指示してステップ333に戻る。一方、ステップ351の否定判定の場合は、そのままステップ338に進み、待機時間 X_j の終了を待てばよい。

【0107】

このようにして、クライアントCに到達したデータパケットが廃棄される場合をも想定して、サーバWとクライアントCとの間のデータ転送をシミュレートすることができる。

【0108】

【発明の効果】

以上に説明したように、請求項1の発明によれば、通信性能測定装置がネットワークにおいて占める位置にかかわらず、サーバと通信性能測定装置との間の通信によって、サーバとクライアントとの間のデータ転送を、その経路に存在するルータの遅延モデルに基づいてシミュレートし、サーバとクライアントとの間の経路の通信性能を正当に評価することができる。

また、請求項2の発明によれば、サーバからパケットを受信するごとに、サーバと通信性能測定装置との間でパケットを送受信するために要する時間と、同一のパケットをサーバとクライアントとの間で送受信するために要する時間との差分を求め、この差分だけ通信性能測定装置からサーバに返す応答パケットを遅延させることにより、各パケットが送受信されるタイミングにおけるネットワークの通信環境を反映しつつ、サーバとクライアントとの間のデータ転送を精密にシミュレートすることができる。

【0109】

一方、請求項3および請求項4の発明によれば、入力すべきパラメータの一部を推定することにより、通信性能測定装置の操作者の作業負担を軽減することができる。

また、請求項5の発明は、バースト的に送信されるデータパケット自身の蓄積によって発生する成分を含めて、遅延時間を正確に推定することができるので、HTTPなどの高度なプロトコルによるデータ通信も精密にシミュレートすることができる。

【0110】

更に、請求項6の発明は、クライアントに備えられた有限のキューからパケットがあふれた場合に発生するパケット廃棄を考慮して、クライアントとサーバとの間のデータ伝送をシミュレートすることができる。

また、請求項7および請求項8の発明によれば、HTTPまたはFTPに従って行なわれる様々な手順の連鎖に応じて、個々の手順に対応する所要時間を積算していくことにより、利用者が通信性能を意識する様々な場面に対応して柔軟に

通信性能を測定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の通信性能測定装置の原理ブロック図である。

【図 2】

本発明の通信性能測定装置の原理ブロック図である。

【図 3】

本発明の通信性能測定装置に備えられる入力手段の第 1 の構成を示す図である。

【図 4】

本発明の通信性能測定装置に備えられる入力手段の第 2 の構成を示す図である。

【図 5】

本発明の通信性能測定装置に備えられる遅延推定手段の構成を示す図である。

【図 6】

本発明の通信性能測定装置に備えられる性能推定手段の構成を示す図である。

【図 7】

ネットワークの遅延モデルを説明する図である。

【図 8】

本発明の通信性能測定装置の実施形態を示す図である。

【図 9】

通信性能測定装置の動作の概略を示す流れ図を示す図である。

【図 1 0】

係数推定部および分岐検出部の詳細構成を示す図である。

【図 1 1】

3 w a y ハンドシェイクによるコネクション確立手順を説明する図である。

【図 1 2】

コネクション確立時間を計測する動作を表す流れ図である。

【図 1 3】

HTTP手順によるデータ通信を説明するシーケンスを示す図である。

【図 1 4】

ダウンロード時間の測定原理を説明する図である。

【図 1 5】

ダウンロード時間を評価する動作を表す流れ図である。

【図 1 6】

キューイング遅延を説明する図である。

【図 1 7】

コネクション解放時間を説明する図である。

【図 1 8】

コネクション解放時間を評価する動作を表す流れ図である。

【図 1 9】

FTPによるデータ通信を説明するシーケンス図である。

【図 2 0】

ダウンロード時間を評価する動作を表す別の流れを示す図である。

【図 2 1】

従来の通信性能計測システムの構成例を示す図である。

【符号の説明】

- 1 0 1 クライアント
- 1 0 2 サーバ
- 1 0 3 分岐点ノード
- 1 1 0 通信性能測定装置
- 1 1 1 通信手段
- 1 1 2 入力手段
- 1 1 3 通信制御手段
- 1 1 4 パケット送受信手段
- 1 1 5 状況収集手段
- 1 1 6 第 1 送出指示手段
- 1 1 7 遅延推定手段

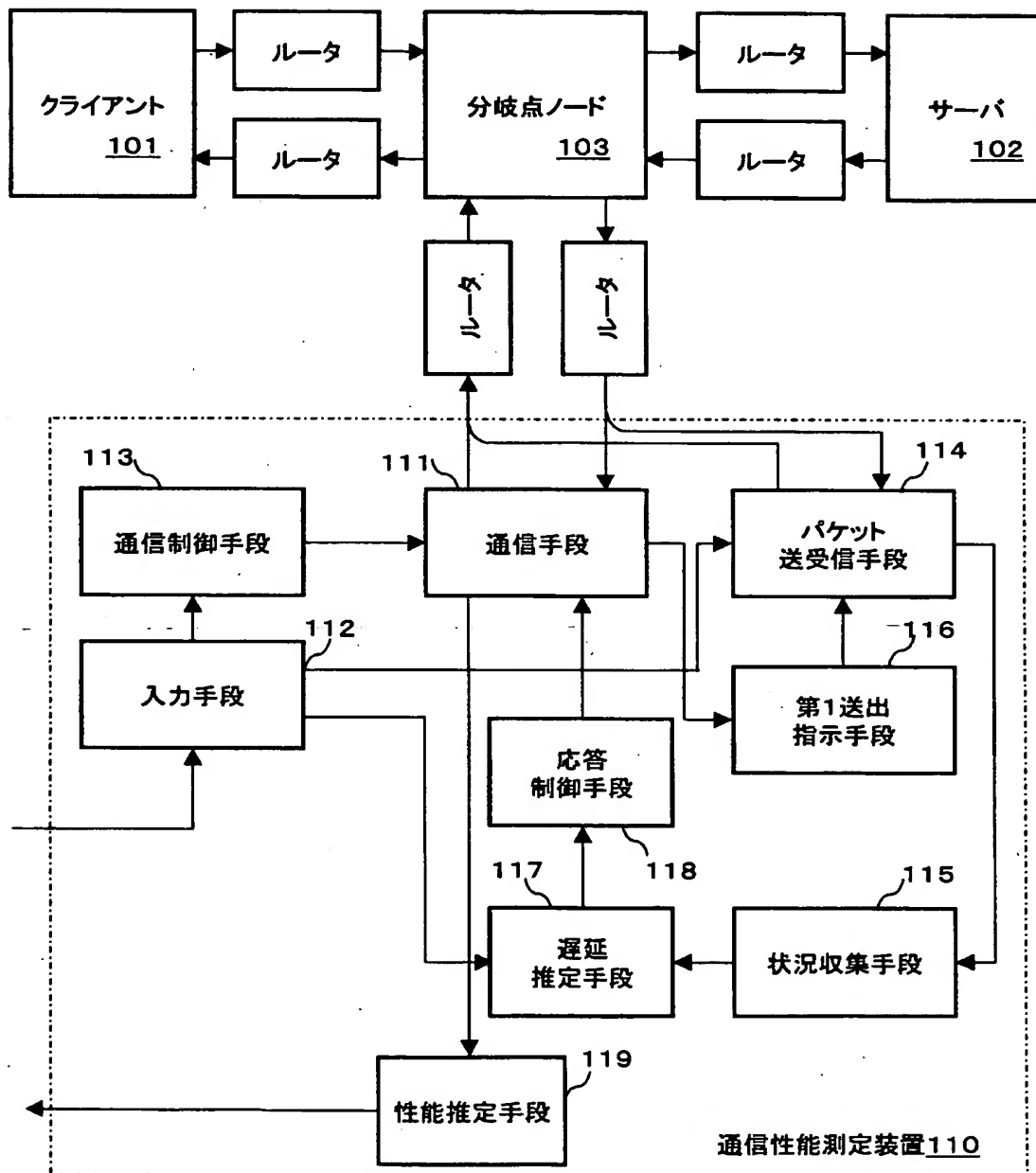
- 1 1 8 応答制御手段
- 1 1 9 性能推定手段
- 1 2 1 送信検出手段
- 1 2 2 受信検出手段
- 1 2 3 時刻通知手段
- 1 2 4 往復時間算出手段
- 1 2 5 差分推定手段
- 1 3 1 経路情報収集手段
- 1 3 2 分岐検出手段
- 1 3 3 第 2 送出指示手段
- 1 3 4 往復時間計測手段
- 1 3 5 要素推定手段
- 1 4 1 補正值算出手段
- 1 4 2 差分値出力手段
- 1 4 3 停止判定手段
- 1 4 4 第 1 記録手段
- 1 4 6 第 2 記録手段
- 1 4 5 時間算出手段
- 2 1 0 通信実行部
- 2 1 1 コネクション制御部
- 2 1 2 データパケット受信部
- 2 1 3 応答パケット送信部
- 2 2 0 計測制御部
- 2 2 1 入力受付部
- 2 2 2 手順制御部
- 2 2 3 コネクション管理部
- 2 2 4 遅延モデル適用部
- 2 2 5 探査制御部
- 2 2 6 応答制御部

- 2 3 0 計測実行部
- 2 3 1 探査パケット送受信部
- 2 3 2 時間計測部
- 2 4 0 性能評価部
- 2 4 1 時刻収集部
- 2 4 2 特性値算出部
- 2 5 0 係数推定部
- 2 5 1 送出指示部
- 2 5 2 時刻データ収集部
- 2 5 3 往復時間算出部
- 2 5 4 係数算出部
- 2 6 0 分岐検出部
- 2 6 1 コマンド発行部
- 2 6 2 応答収集部
- 2 6 3 アドレス照合部
- 4 1 0、4 2 0 性能計測装置
- 4 0 4 サーバ
- 4 0 3 アクセスポイント
- 4 0 2 ルータ
- 4 0 1 クライアント

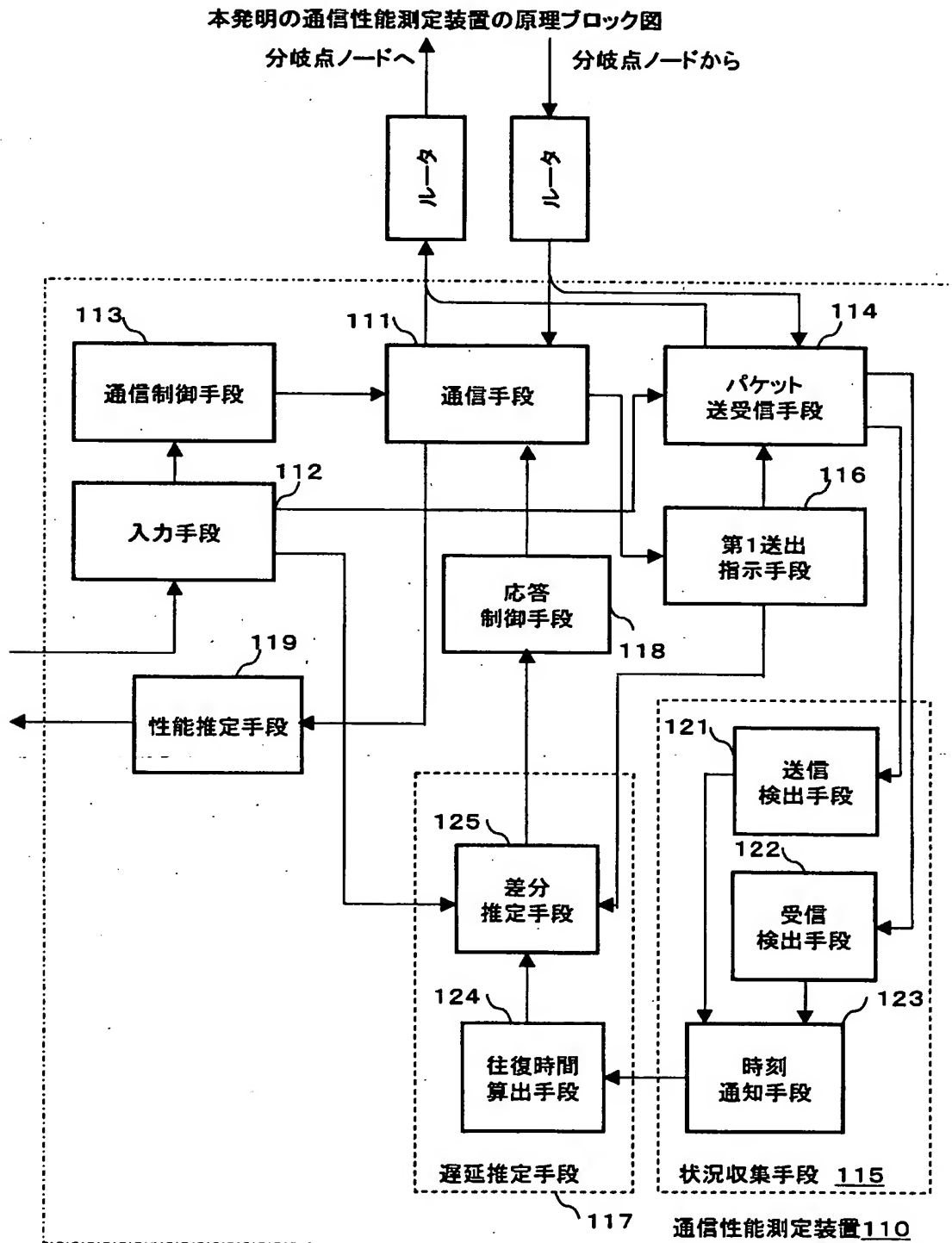
【書類名】 図面

【図 1】

本発明の原理ブロック図

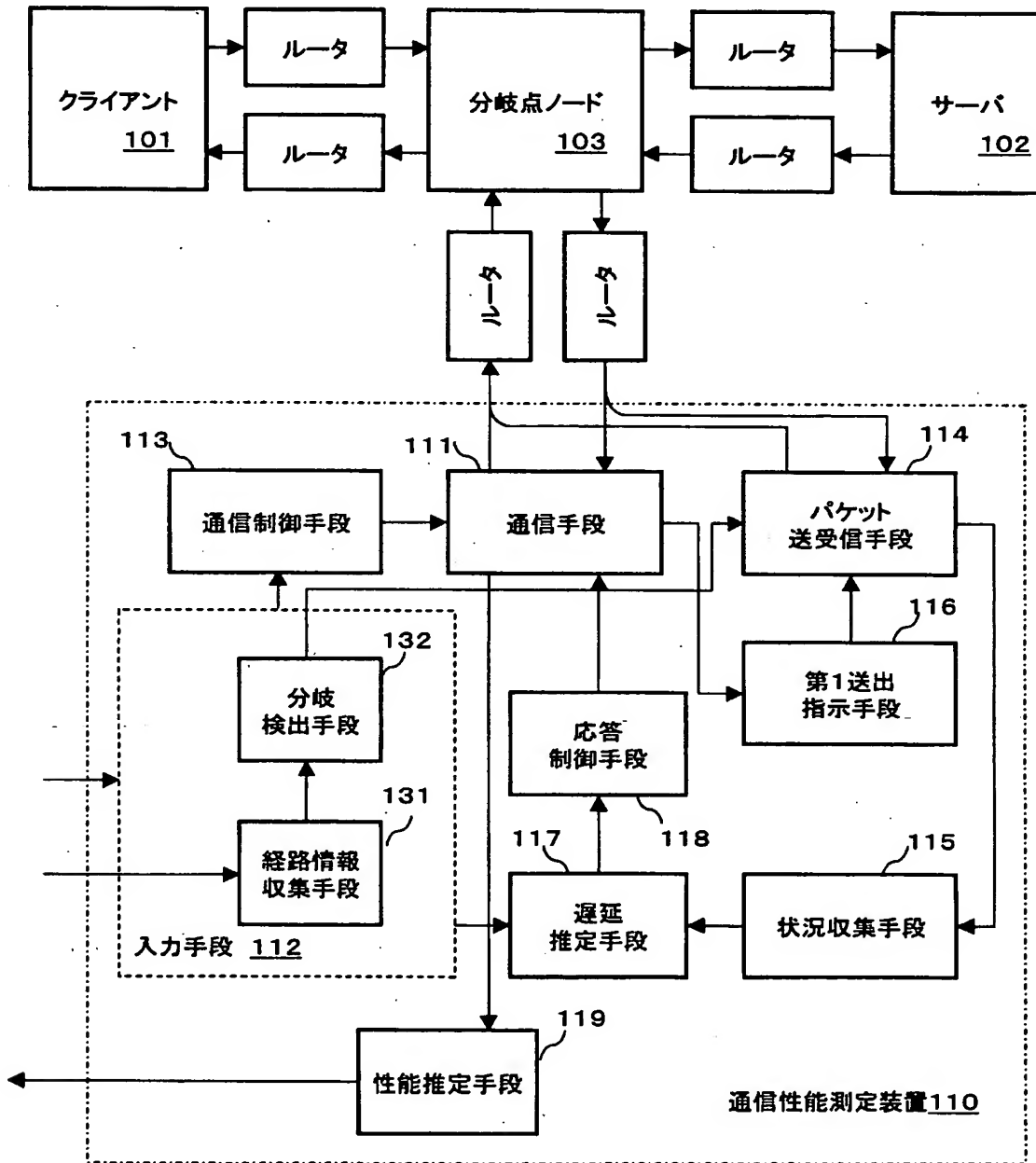


【図2】



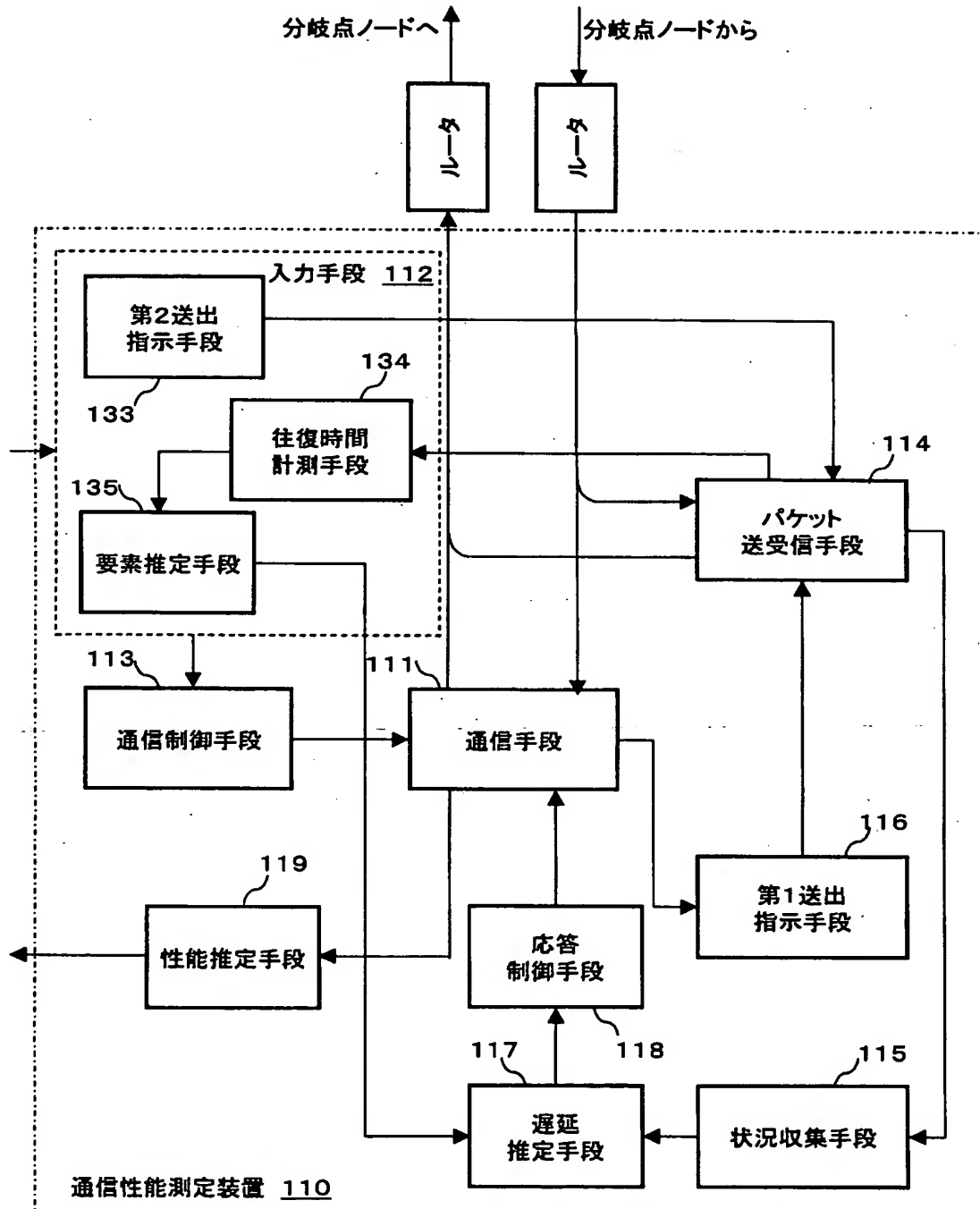
【図 3】

本発明の通信性能測定装置に備えられる入力手段の第1の構成を示す図



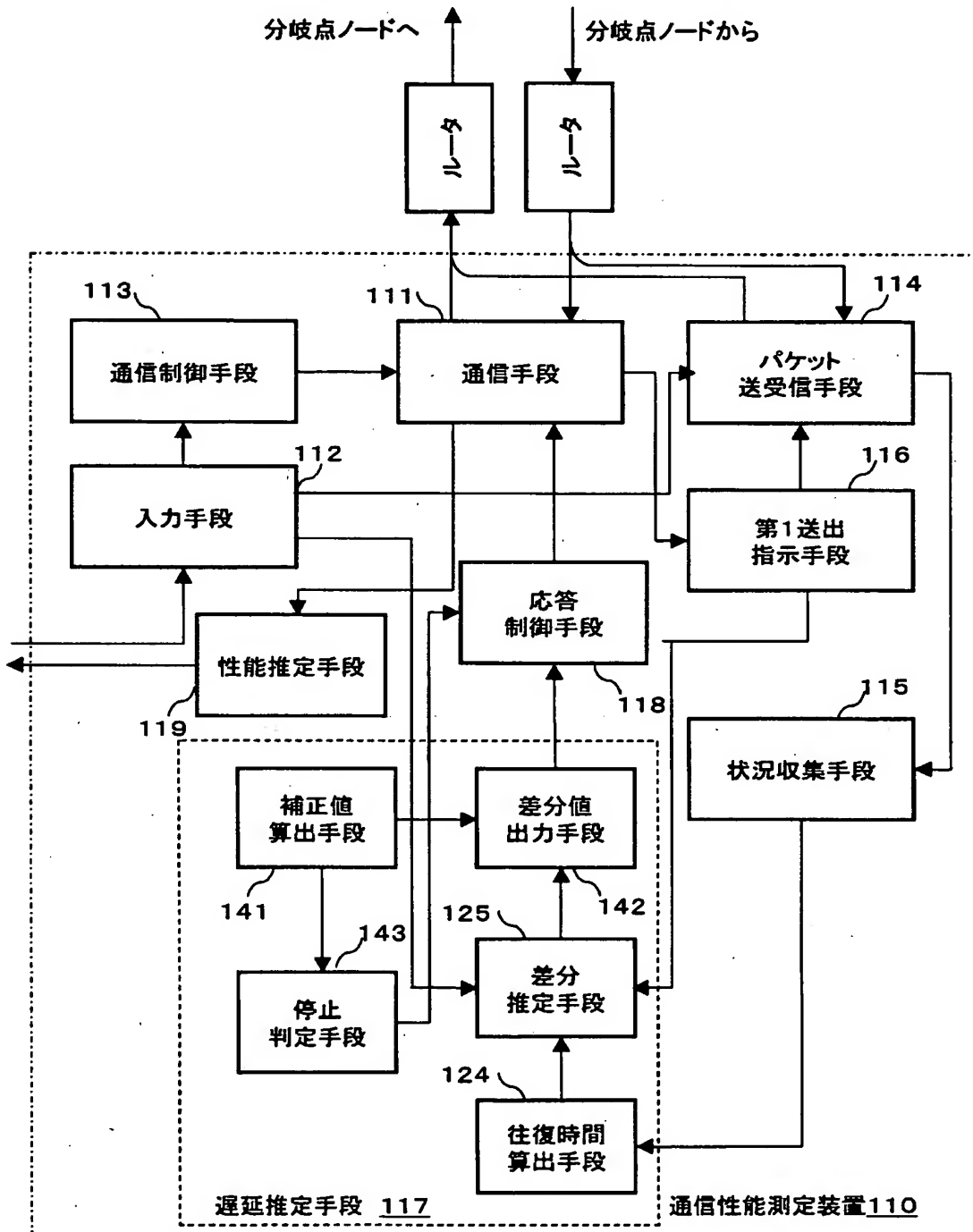
【図 4】

本発明の通信性能測定装置に備えられる入力手段の第2の構成を示す図



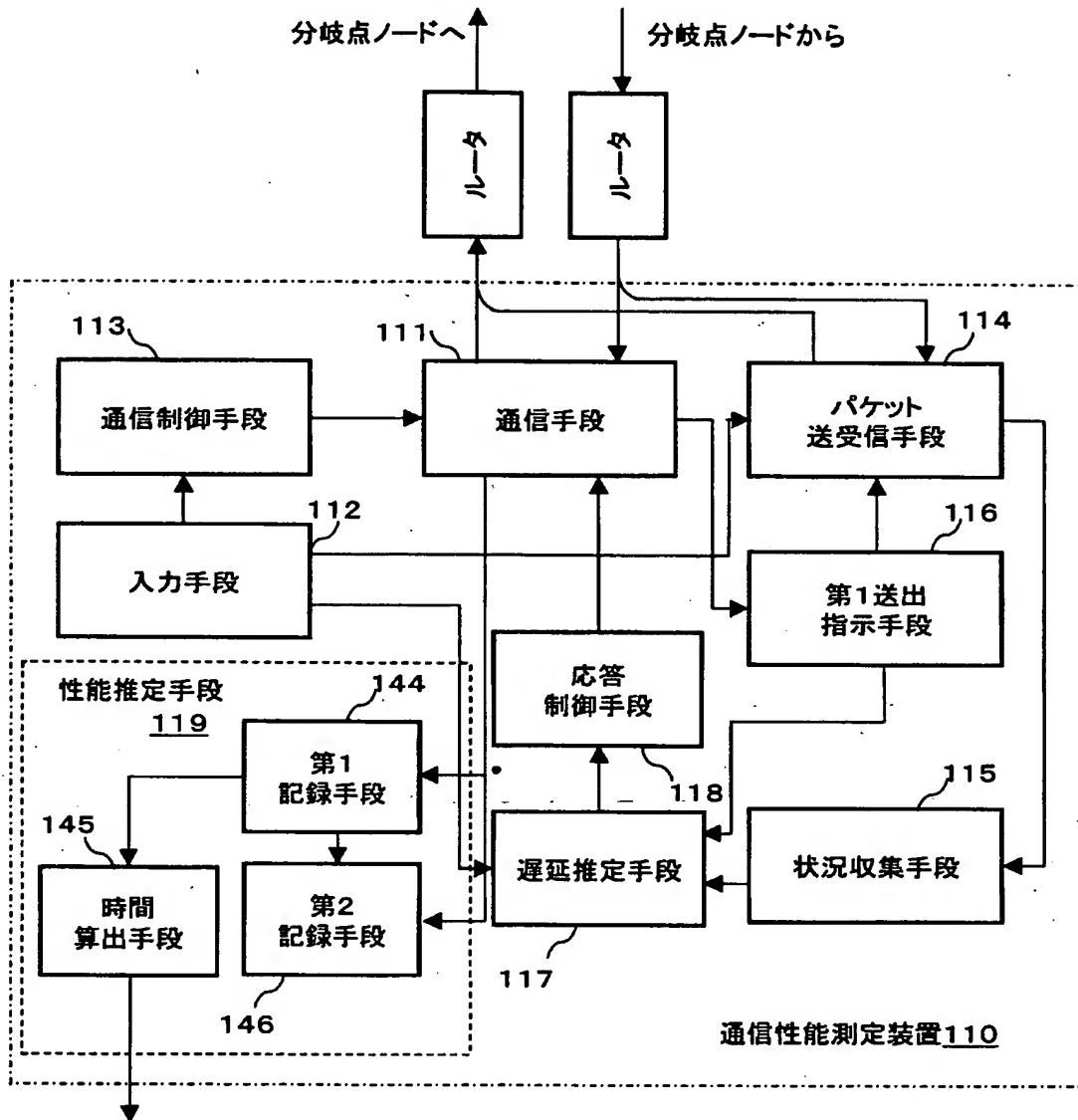
【図 5】

本発明の通信性能測定装置に備えられる遅延推定手段の構成を示す図



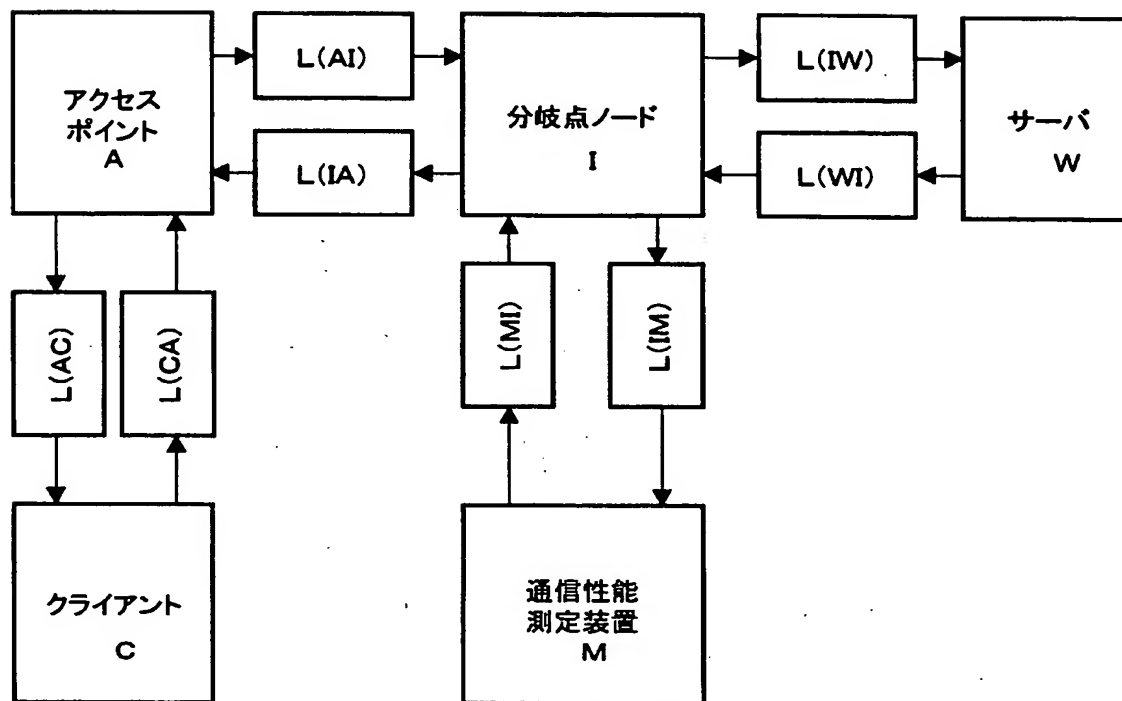
【図 6】

本発明の通信性能測定装置に備えられる性能推定手段の構成を示す図



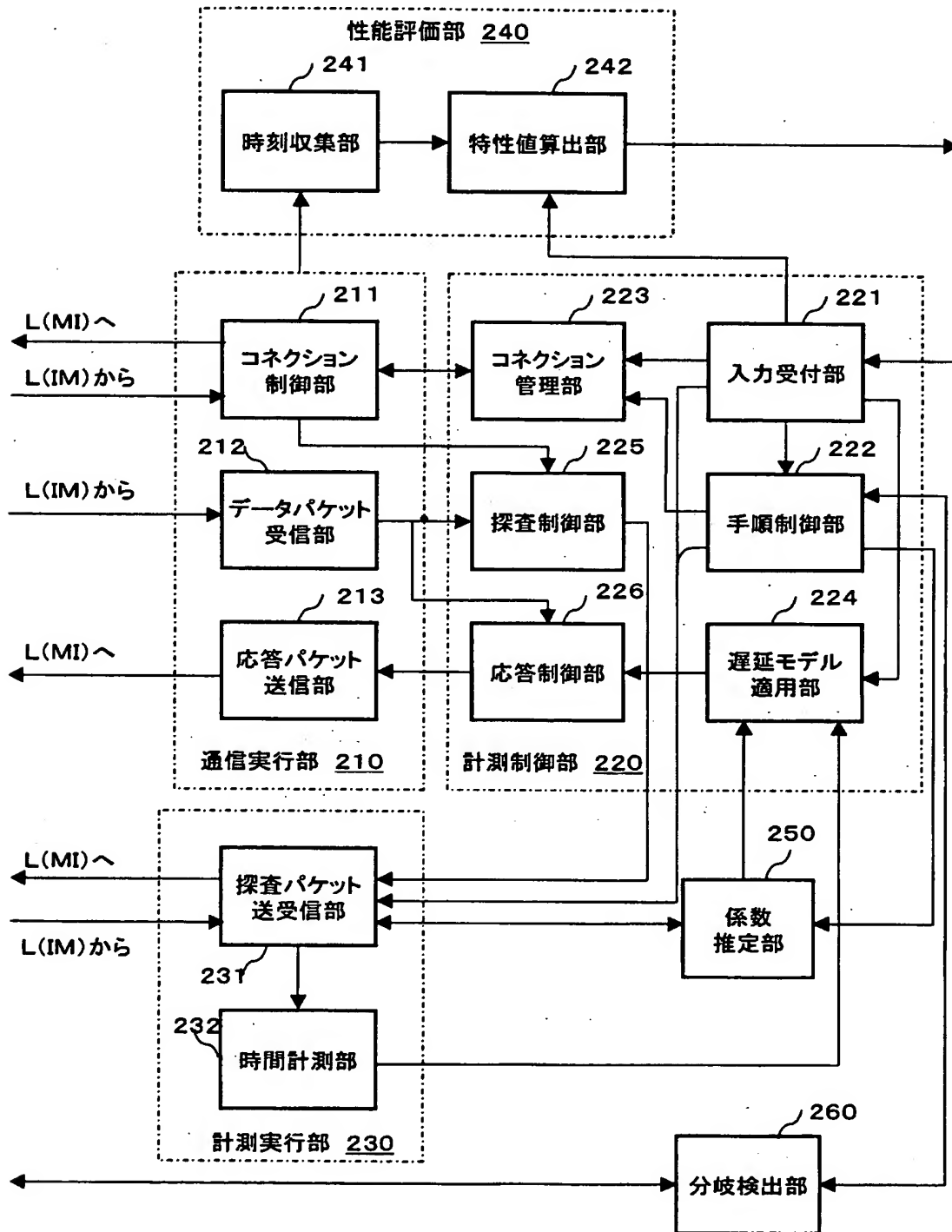
【図 7】

ネットワークの遅延モデルを説明する図



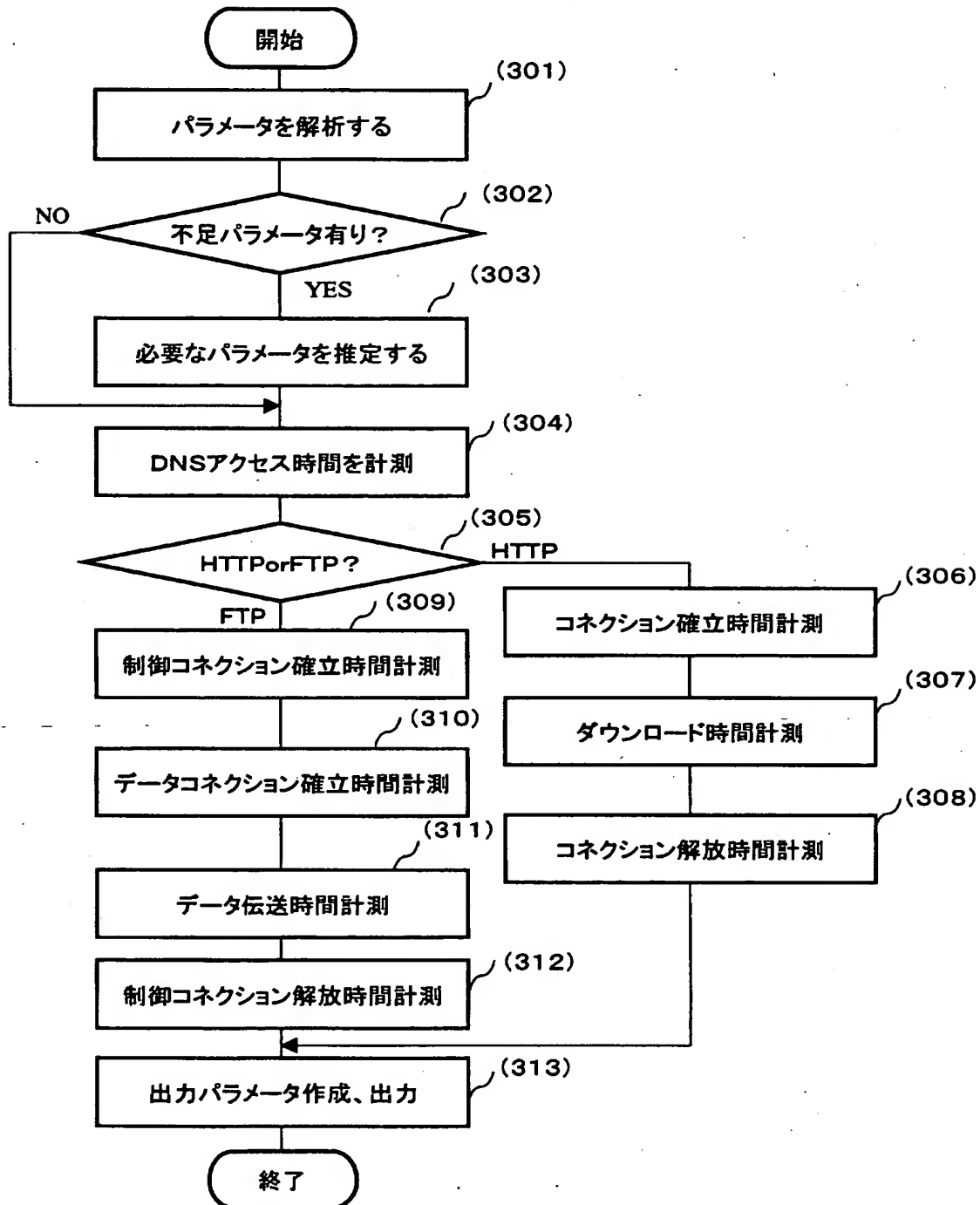
【図 8】

本発明の通信性能測定装置の実施形態を示す図



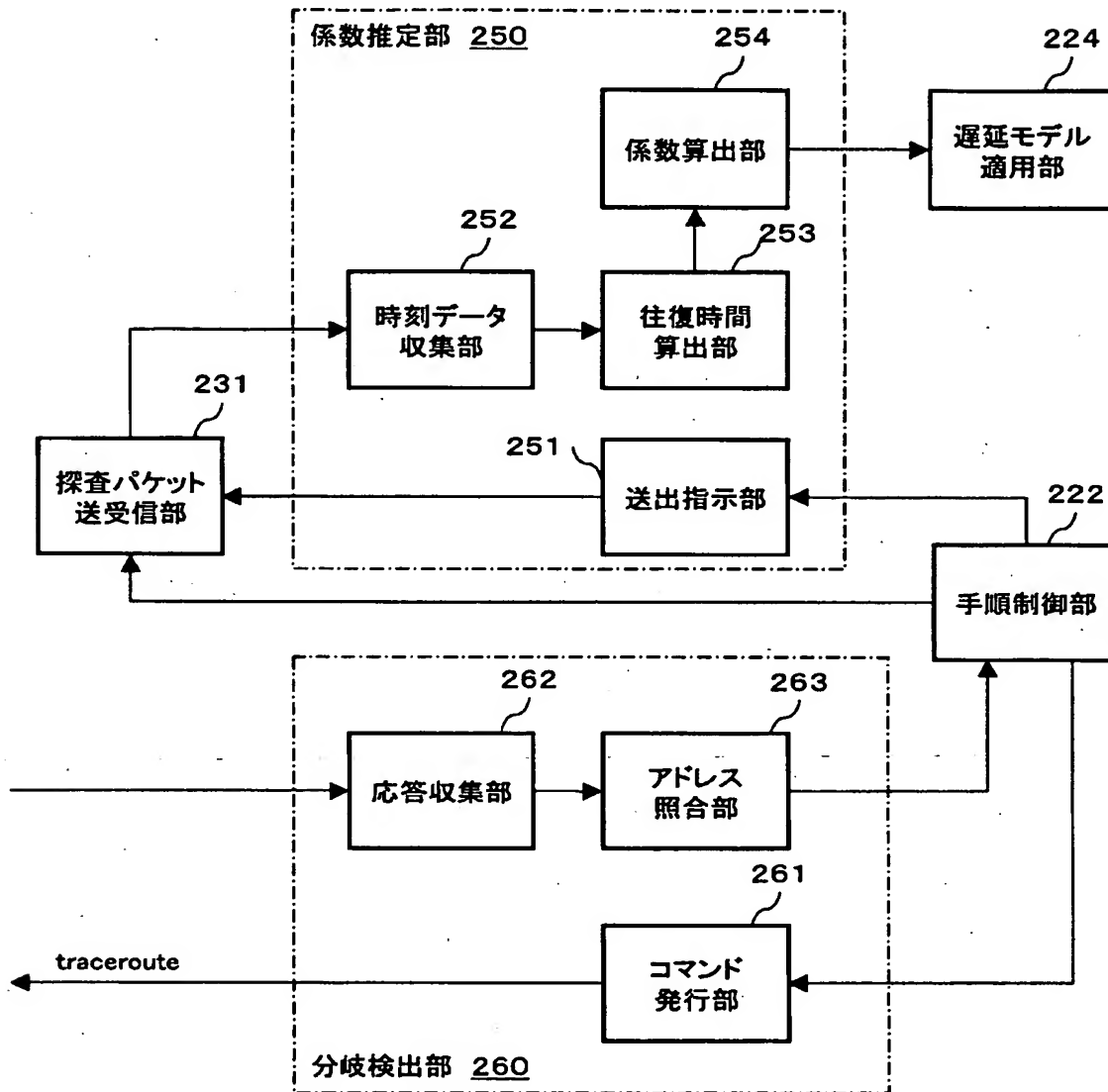
【図 9】

通信性能測定装置の動作の概略を示す流れ図



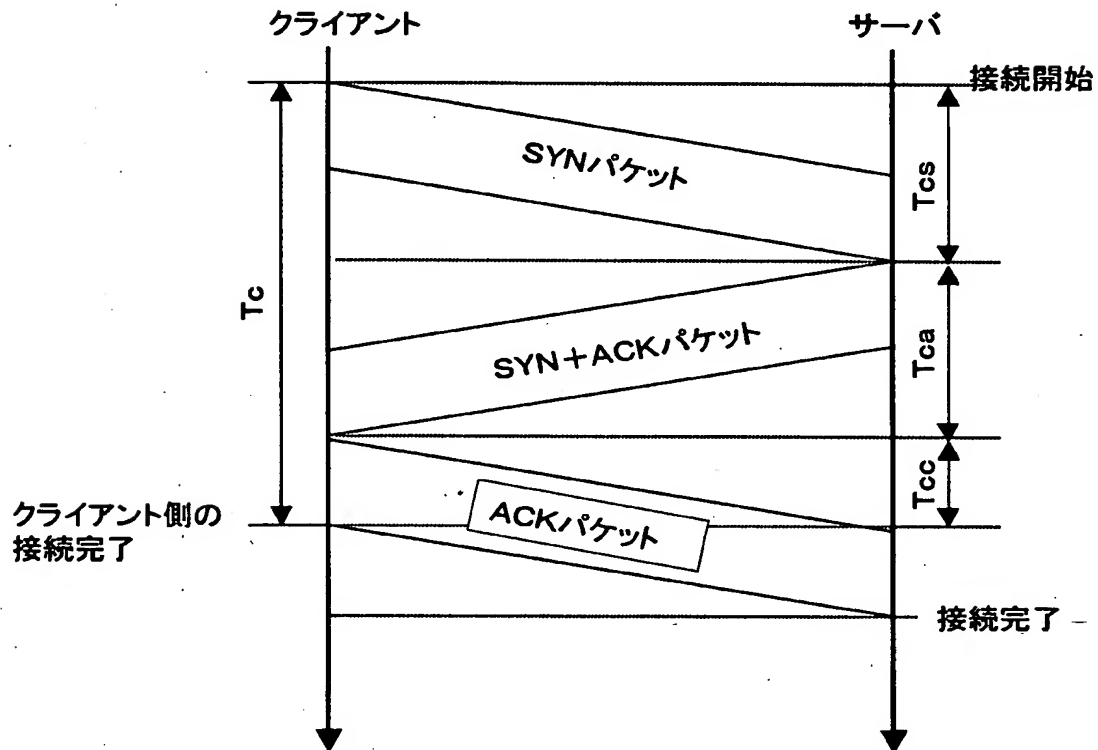
【図 10】

係数推定部および分岐検出部の詳細構成を示す図



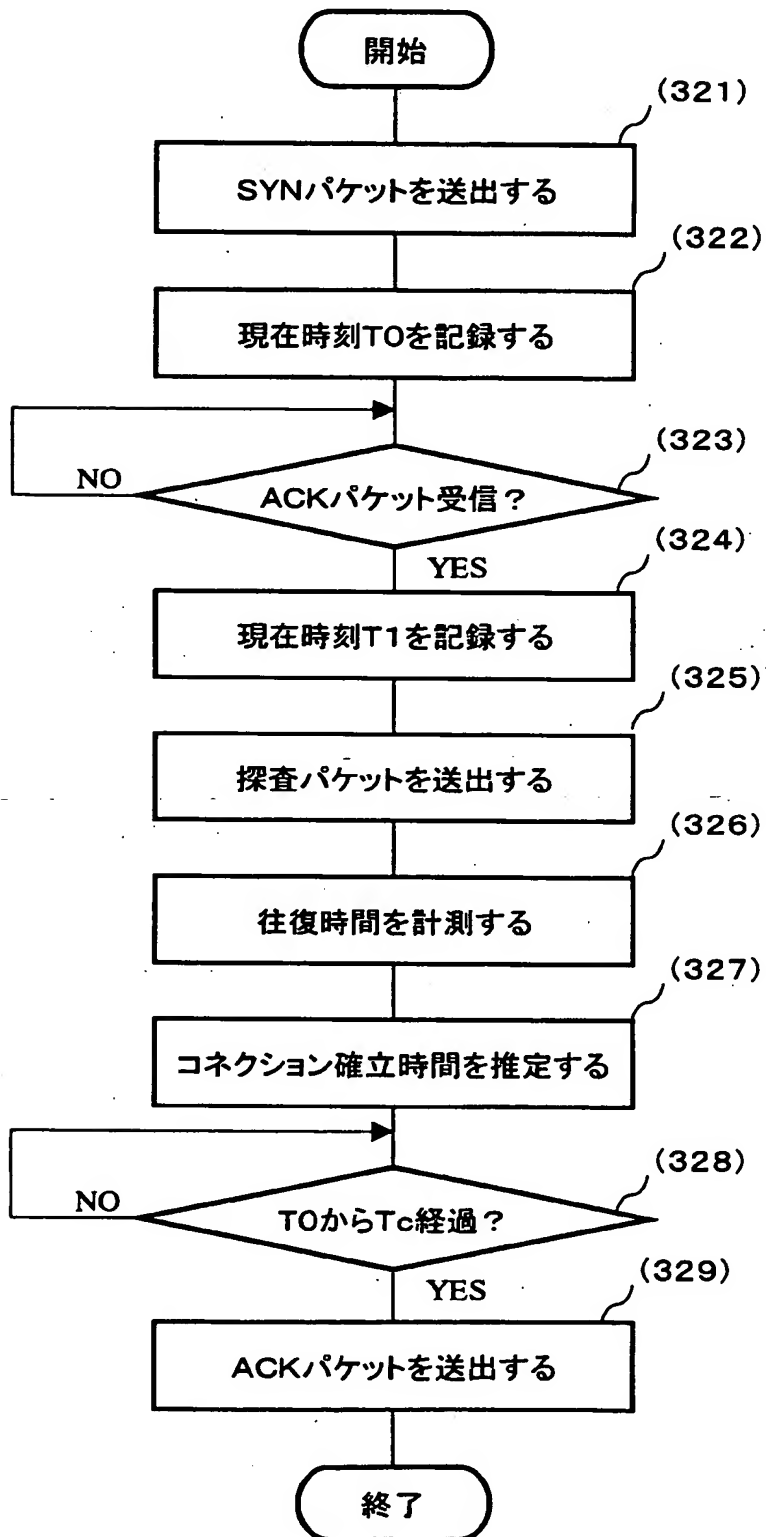
【図 11】

3wayハンドシェイクによるコネクション確立手順を説明する図



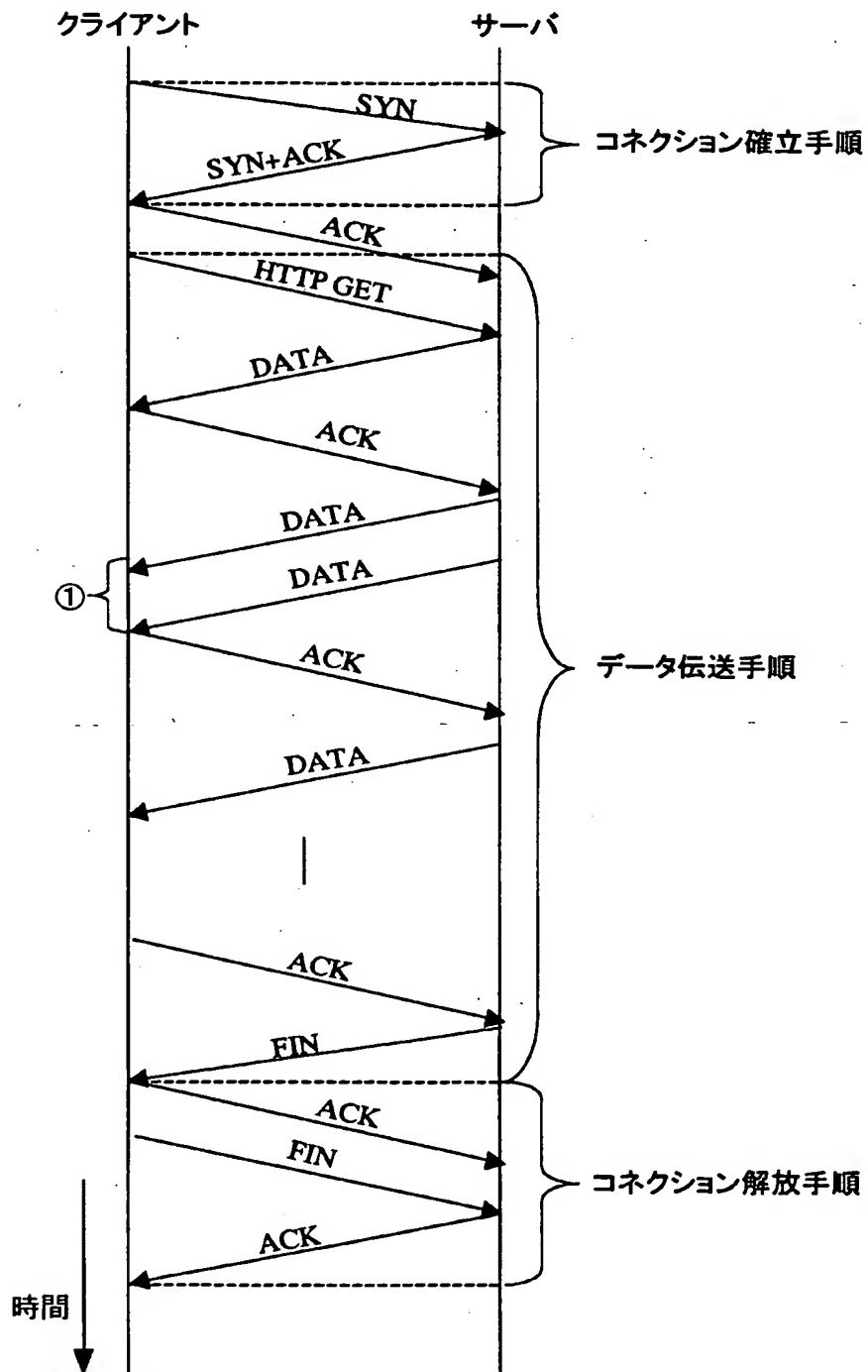
【図 12】

コネクション確立時間を計測する動作を表す流れ図



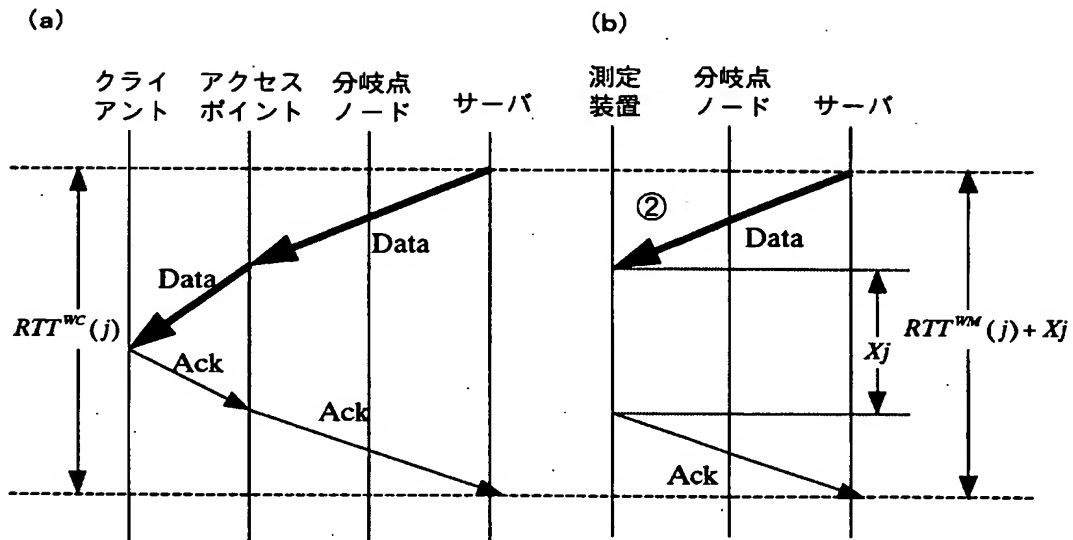
【図13】

HTTP通信によるデータ通信を説明するシーケンス図



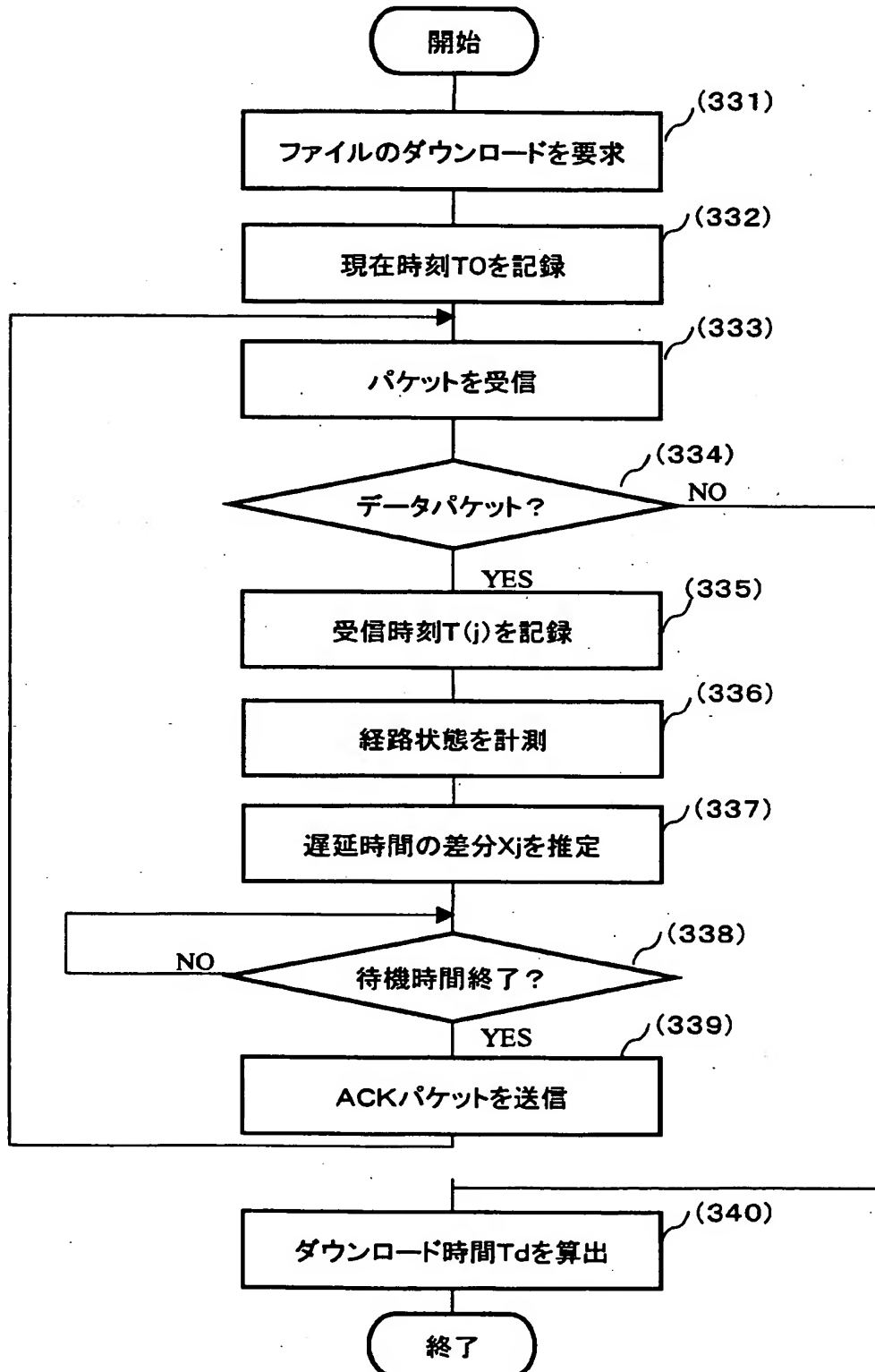
【図 14】

ダウンロード時間の評価原理を説明する図



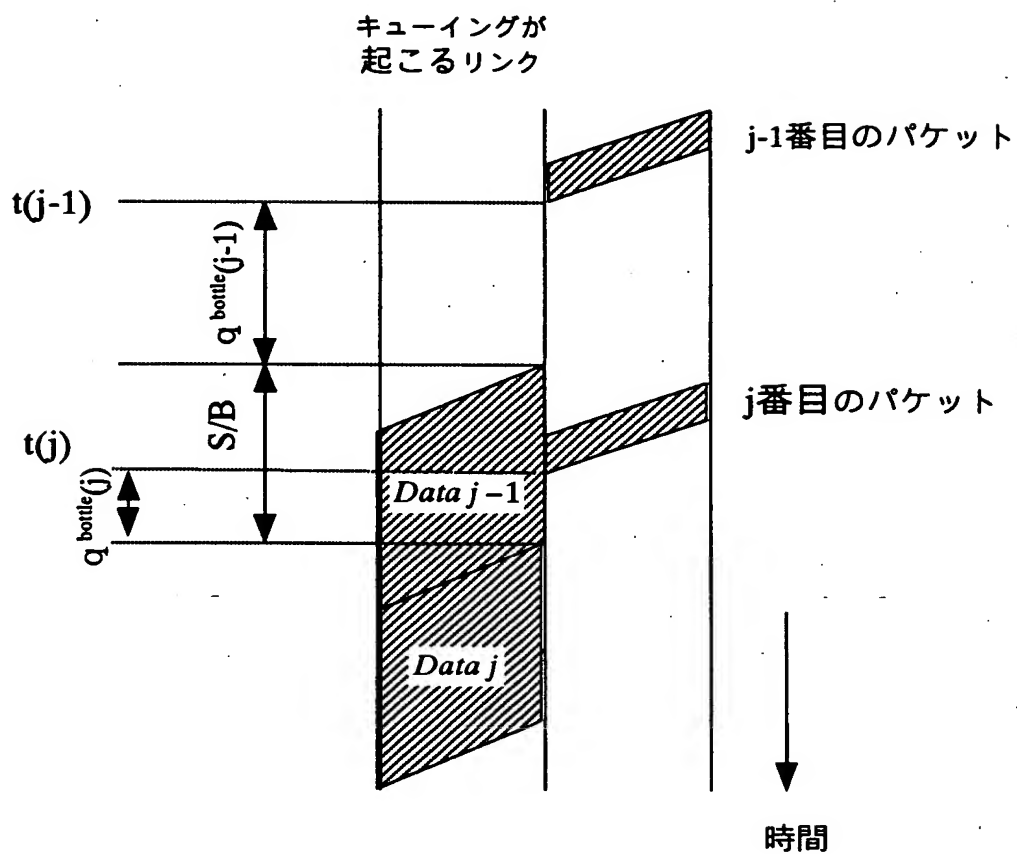
【図15】

ダウンロード時間を評価する動作を表す流れ図



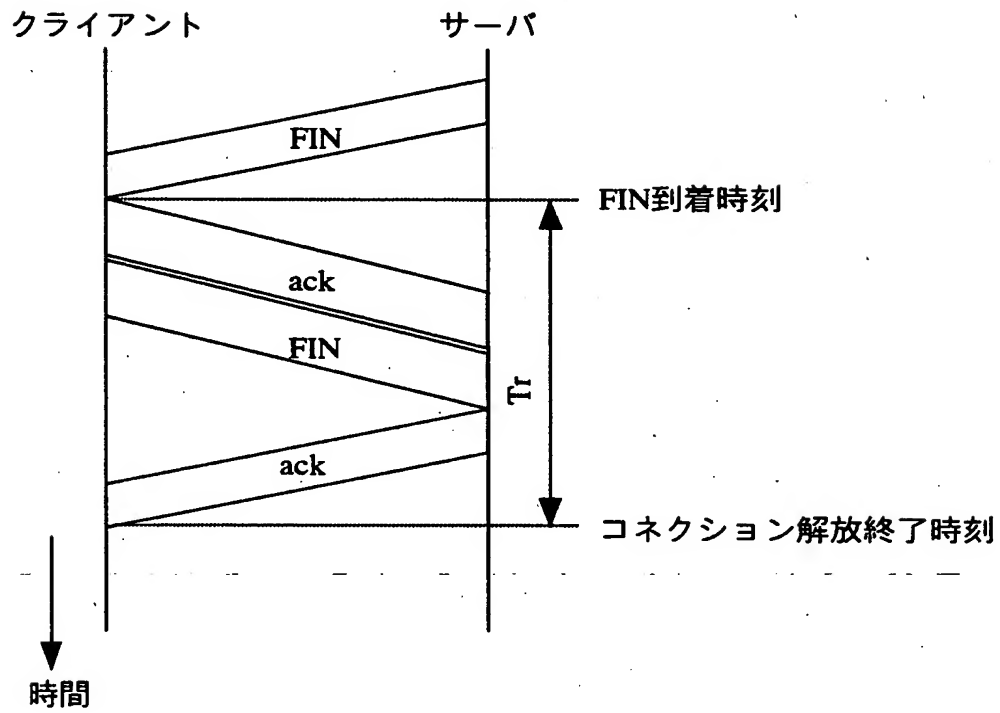
【図 16】

キューイング遅延を説明する図



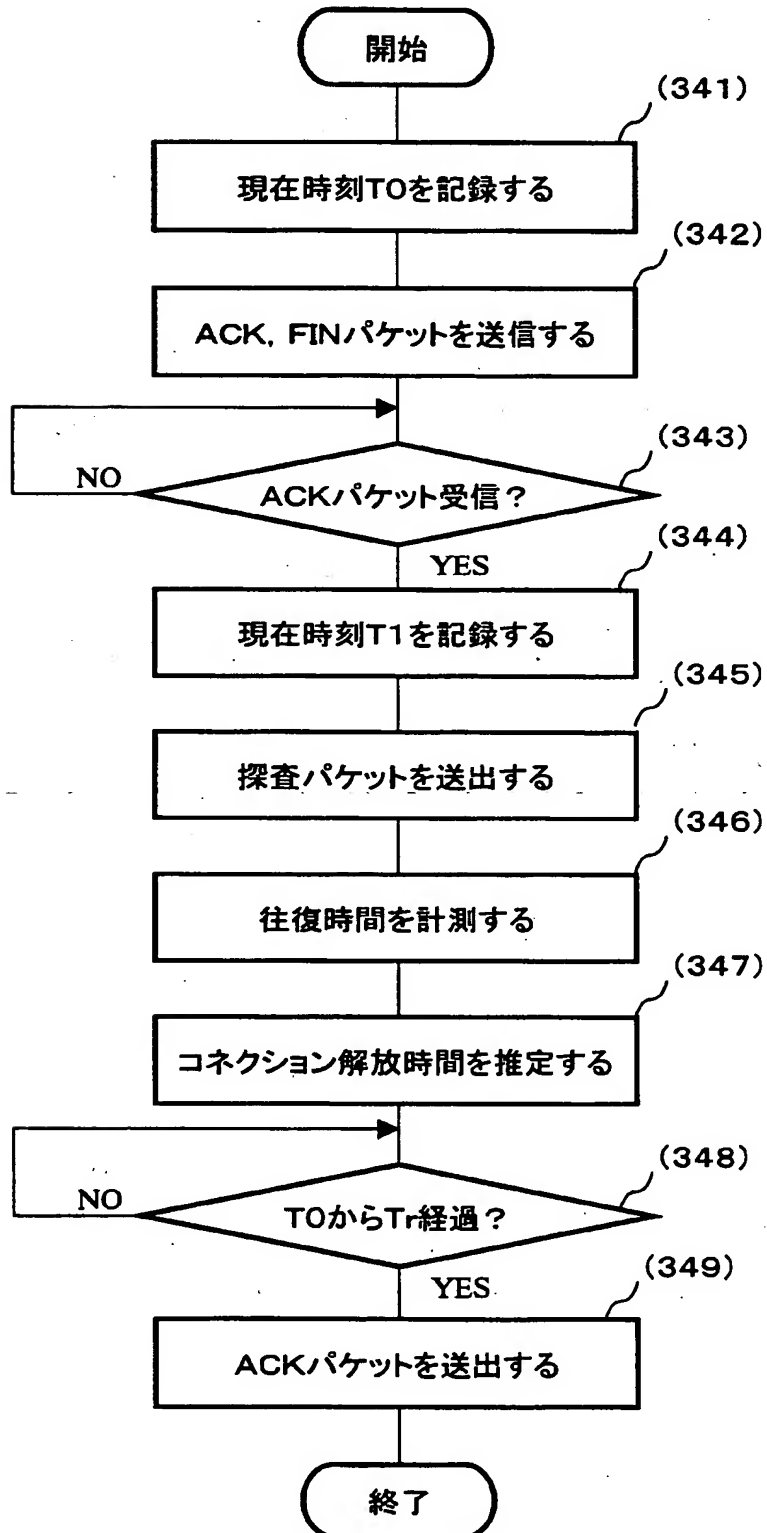
【図 1 7】

コネクション解放時間を説明する図



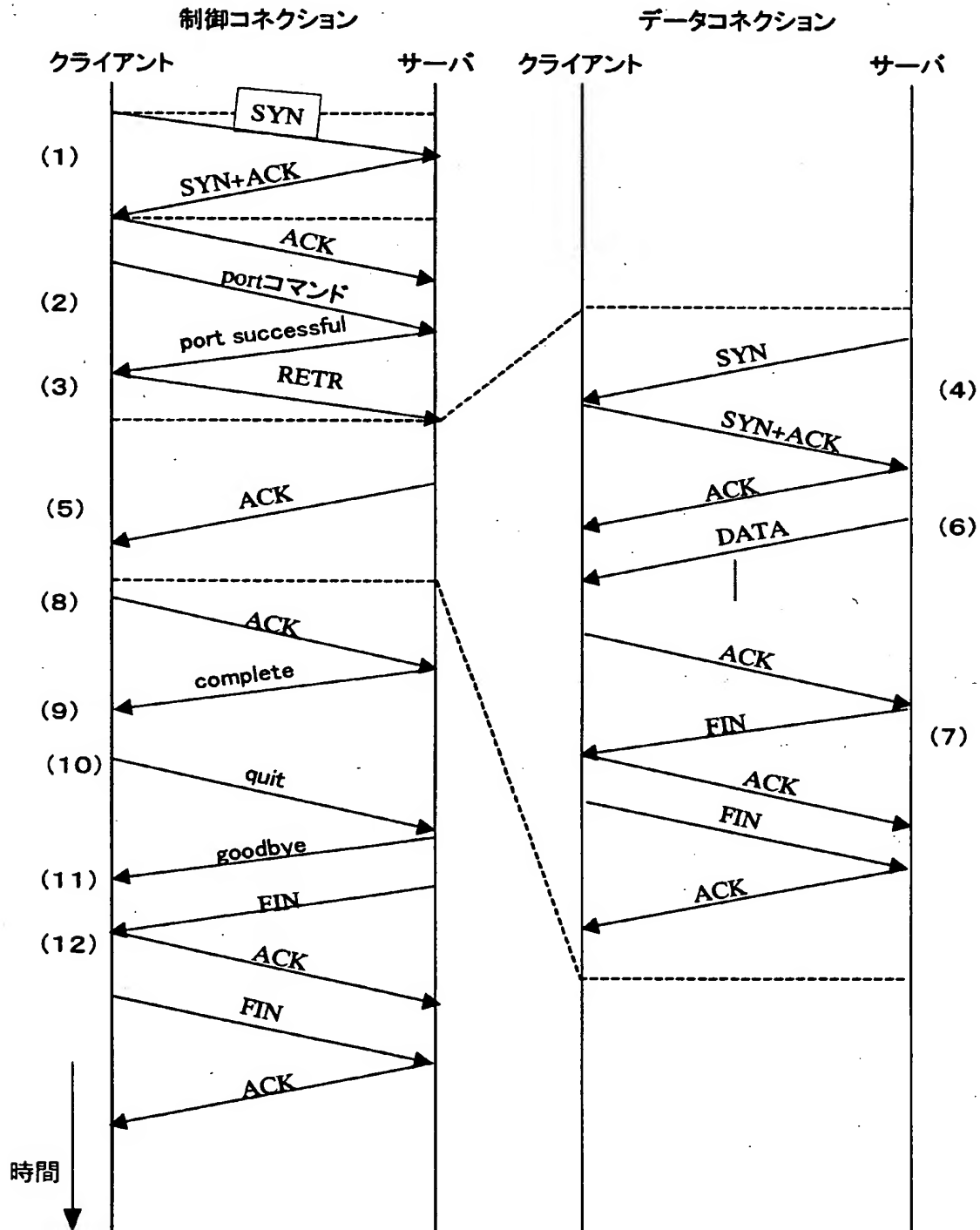
【図18】

コネクション解放時間を評価する動作を表す流れ図



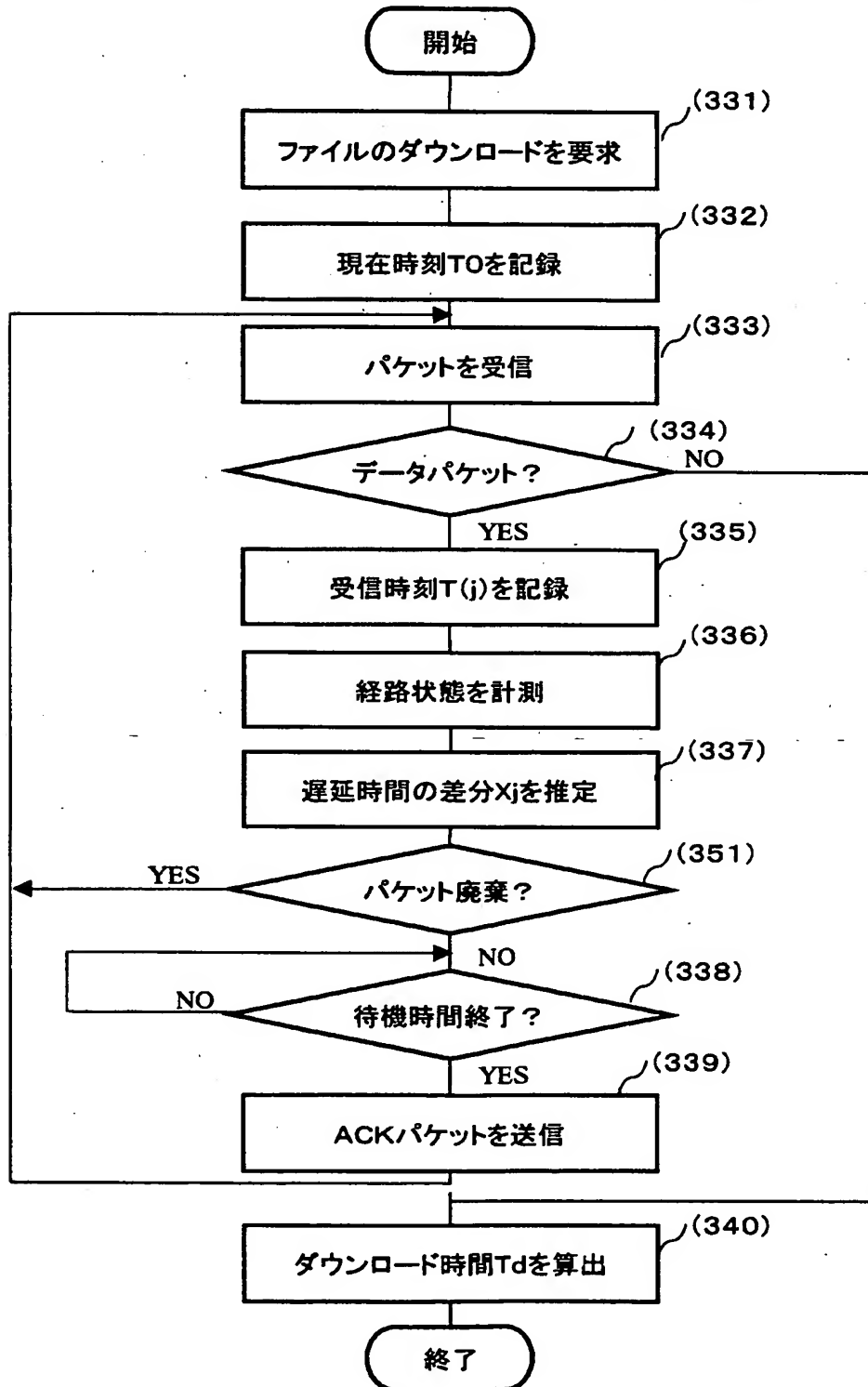
【図 19】

FTPによるデータ通信を説明するシーケンス図



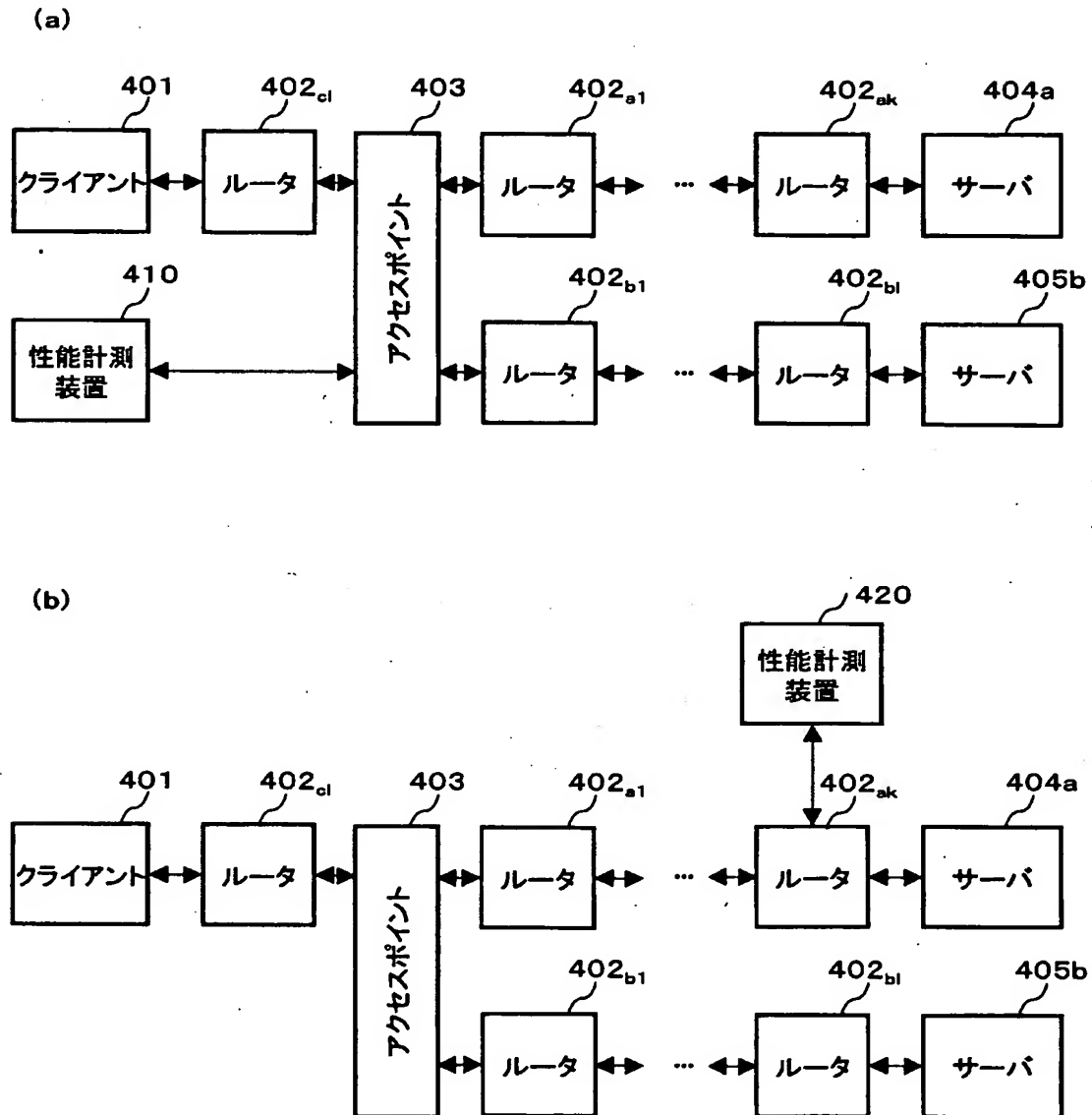
【図 2 0】

ダウンロード時間を評価する動作を表す別の流れ図



【図 21】

従来の通信性能計測システムの構成例を示す図



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 物理的な位置にかかわらず、任意のクライアントと任意のサーバとの間における通信品質を測定可能な通信性能測定装置を提供する。

【解決手段】 入力されたパラメータに基づいて、通信制御手段 1 1 3 が通信手段 1 1 1 による通信動作を制御し、サーバ 1 0 2 から所定のファイルを取得する際に、第 1 送出指示手段 1 1 6 からの指示に応じてパケット送受信手段 1 1 4 により、クライアント 1 0 1 および分岐点ノード 1 0 3 との間で所定の制御パケットを送受信することにより、状況収集手段 1 1 5 によって収集した通信環境に関する情報と所定の遅延モデルとに基づいて、遅延推定手段 1 1 7 によって、サーバ 1 0 2 とクライアント 1 0 1 との間に対応する遅延時間を推定し、この遅延時間に応じて、通信手段 1 1 1 が受信したパケットに対する応答パケットを送出するタイミングを制御する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005223]

1. 変更年月日 1996年 3月26日

[変更理由] 住所変更

住 所 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号

氏 名 富士通株式会社